

SISTEM DETEKSI GEJALA HIPOKSIA BERDASARKAN SATURASI OKSIGEN DAN DETAK JANTUNG MENGGUNAKAN METODE FUZZY BERBASIS ARDUINO

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:
DIAN BAGUS SETYO BUDI
NIM: 145150301111052

PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018

PENGESAHAN

SISTEM DETEKSI GEJALA HIPOKSIA BERDASARKAN SATURASI OKSIGEN DAN
DETAK JANTUNG MENGGUNAKAN METODE FUZZY BERBASIS ARDUINO

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagai persyaratan
memperoleh Sarjana Teknik

Disusun Oleh :
Dian Bagus Setyo Budi
Nim : 145150301111052

Skripsi telah diuji dan dinyatakan lulus pada

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Rizal Maulana, S.T., M.T., M.Sc.
NIK: 2016078910091001



Hurriyatul Fitriyah, S.T., M.Sc.
NIP: 198510012015042003



Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Tri Astoto Kurniawan, S.T., M.T., Ph.D
NIP: 197105182003121001

A

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang



Djan Bagus Setvo Budi

NIM: 145150300111043



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas rahmat dan karunia-Nya Tuhan yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsinya dengan judul “ *SISTEM DETEKSI GEJALA HIPOKSIA BERDASARKAN SATURASI OKSIGEN DAN DETAK JANTUNG MENGGUNAKAN METODE FUZZY BERBASIS ARDUINO* ”.

Penulis menyadari bahwa pembuatan skripsi ini tidak lepas dari bantuan baik motivasi, doa dan jasa dari berbagai pihak. Maka sebab itu, penulis menyampaikan rasa hormat dan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang selalu memberikan motivasi dan semangat serta doa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsinya.
2. Bapak Rizal Maulana , S.T., M.T., M.Sc selaku dosen AG untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Hurriyatul Fitriyah , S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan dukungan dalam menyelesaikan laporan skripsi ini.
4. Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika.
5. Pihak rumah sakit dr. Buyung Hartiyo L, Sp. An, KNA, Bapak Didik, Ibu Yosi, Bapak Simson , Ibu Sri Wahyuni atas bantuan penelitian skripsi.
6. Teman-teman sistem komputer Yusuf Hidayat, Lamidi dan Tri Putra Anggara yang telah memberikan dukungan dan segala bantuan bantuan yang diberikan.
7. Teman-teman kontrakan Brian Renanda, zendo arga, Yolan yang telah memberikan dukungan dan segala bentuk bantuan.
8. Teman-teman Keluarga Besar Mahasiswa Teknik Komputer yang telah membagi ilmunya dalam akademik maupun dalam berorganisasi dan memberikan saran dalam perkuliahan.
9. Teman-teman tercinta program studi Teknik Komputer angkatan 2014 yang selalu memberikan semangat. Terima kasih atas semua doa dan dukungan baik dalam bentuk materil maupun non materil.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan ini masih banyak kekurangan, oleh sebab itu penulis berharap adanya pengembangan lebih lanjut oleh pihak- pihak terkait. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan referensi untuk melakukan penelitian sebagai langkah penyempurnaan sistem.

Malang, 01 Desember 2018

Penulis
dianjach@gmail.com



ABSTRAK

Pada saat ini mengalami perkembangan pesat pada sistem cerdas salah satunya dalam bidang kesehatan ataupun medis. Dalam bidang medis sangat diperlukan alat yang mengetahui kondisi pasien dengan cara *noninvasive* yaitu tanpa melukai pasien. Didalam kehidupan sehari – hari manusia kurang mengetahui pentingnya kadar oksigen yang ada didalam dirinya dan belum tahu akibatnya jika kadar presentase oksigen dalam tubuhnya tidak memenuhi angka yang cukup sehat . Bahkan jika diabaikan terus menurun maka akan bisa hipoksia yang dapat mengganggu fungsi otak, hati, dan organ lainnya dengan cepat. Sehingga dalam penelitian ini dibuat alat deteksi gejala awal hipoksia yang menggunakan metode *noninvasive* dengan menggunakan sensor Max30100 yang dijepitkan ke ujung jari dapat mengetahui hasil dari gejala awal hipoksia. Untuk mendeteksi gejala awal hipoksia pada alat ini digunakan metode *fuzzy* sugeno sehingga didapatkan output sesuai rule yang ada. Metode *fuzzy* sugeno akan mengolah data yang diambil dari sensor Max30100. Terdapat 3 hardware yang ada pada alat ini, mikrokontroler arduino sebagai kontrolernya ,sensor Max30100 untuk mendapatkan inputannya dan bluetooth untuk pengiriman data ke smartphone. Software menggunakan IDE arduino untuk memprogram alat deteksi dan APP inventor untuk memprogram aplikasi android supaya dapat menampilkan data. Pada penelitian ini mendapat hasil pengujian hasil pengujian didapatkan error pada alat 2,96% untuk saturasi oksigen dan 2,86% untuk detak jantung didapatkan. Dari metode *fuzzy* pada 12 percobaan data didapat akurasi 100% dan metode *fuzzy* sugeno dapat mengolah data inputan dengan baik .

Kata kunci : Hipoksia, Max30100 , *fuzzy* , Pulse oxymetri

ABSTRACT

At present, there are rapid developments in intelligent systems, one of which is in the health or medical fields. In the medical field, a tool is needed to observe the patient's condition in a noninvasive way without injuring the patient. In everyday life, humans are less aware of the importance of oxygen levels that are inside themselves and do not know the consequences if the level of oxygen percentage in their body does not meet a fairly healthy number. Even if it is ignored continuously it will be able to hypoxia which can interfere with the function of the brain, liver, and other organs quickly. So that in this study a hypoxic early symptom detection tool that uses a noninvasive method using the Max30100 sensor that is clipped to the fingertip can be made to determine the results of the initial symptoms of hypoxia. To detect the initial symptoms of hypoxia in this tool, the Sugeno fuzzy method is used so that output is obtained according to the existing rules. Sugeno fuzzy method will process data taken from the Max30100 sensor. There are 3 hardware devices that are on this device, the Arduino microcontroller as the controller, the Max30100 sensor to get the input and Bluetooth for sending data to the smarthphone. Software uses the Arduino IDE to program detection devices and APP inventors to program android applications so they can display data. In this study, the test results were obtained and the results of the test obtained a tool error of 2.96% for oxygen duration and 2.86% for heart rate obtained. From the fuzzy method on 12 data experiments, 100% accuracy was obtained and the Sugeno fuzzy method was able to process the input data properly.

Keyword : Hipoksia, Max30100 , fuzzy , Pulse oxymetri

DAFTAR ISI

PENGESAHAN	viii
PERNYATAAN ORISINALITAS	viii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan masalah	3
1.6 Sistematika Pembahasan.....	3
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.1.1 An Overview on Heart Rate Monitoring And Pulse Oximeter System	5
2.1.2 <i>Design of Low Power Pulse Oximeter For Early Detection of Hypoxemia</i>	7
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 Hipoksia	8
2.2.2 Logika <i>Fuzzy</i>	9
2.2.3 Arduino Uno	13
2.2.4 Sensor MAX30100	14
2.2.5 Pemograman Arduino	15
2.2.6 Modul Bluetooth HC-05.....	15
2.2.7 Logical Level Converter.....	17
2.2.8 MIT APP Inventor.....	18

ix

5.2.2.1 Implementasi Sensor Max30100	38
5.2.2.2 Implementasi Bluetooth	38
5.2.2.3 Implementasi Level Converter	39
5.2.3 Implementasi Perangkat Lunak	39
5.2.3.1 Fuzzifikasi	45
5.2.3.2 Inferensi	48
5.2.3.3 Defuzzifikasi	48
5.2.3.4 Kode Blok Program Aplikasi	49
BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS	50
6.1 Pengujian Fungsional Sensor Max30100	50
6.1.1 Tujuan Pengujian	50
6.1.2 Prosedur Pengujian	50
6.1.3 Hasil dan Analisis	51
6.2 Pengujian Output Sensor	51
6.2.1 Tujuan Pengujian	51
6.2.2 Prosedur Pengujian	52
6.2.3 Hasil dan Analisis	52
6.3 Pengujian Jarak Bluetooth HC-05	55
6.3.1 Tujuan Pengujian	55
6.3.2 Prosedur Pengujian	55
6.3.3 Hasil dan Analisis	56
6.4 Pengujian Metode Fuzzy	59
6.4.1 Tujuan Pengujian	59
6.4.2 Prosedur Pengujian	59
6.4.3 Hasil dan Analisis	59
BAB 7 PKESIMPULAN DAN SARAN	63
7.1 Kesimpulan	63
7.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN A DATA PENELITIAN	66
LAMPIRAN B KODE PROGRAM	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Presentase Nilai SpO2	9
Tabel 2.2 AT command Bluetooth	17
Tabel 3.1 Spesifikasi Arduino Uno.....	23
Tabel 3.2 Spesifikasi Sensor MAX30100	23
Tabel 3.3 Spesifikasi modul Bluetooth HC-05	24
Tabel 5.1 Rule <i>Fuzzy</i> Deteksi Hipoksia	36
Tabel 5.2 Program Main Sistem	40
Tabel 5.3 Kode Program Output <i>Fuzzy</i>	44
Tabel 5.4 Kode Program <i>Fuzzy</i> fikasi	45
Tabel 5.5 Kode Program Inferensi	48
Tabel 5.6 Kode Program Defuzzy fikasi	48
Tabel 6.1 Hasil Pengujian Data Detak Jantung	53
Tabel 6.2 Hasil Pengujian Data SpO2	55
Tabel 6.3 Hasil Pengujian Bluetooth Jarak 3m	56
Tabel 6.4 Hasil Pengujian Bluetooth Jarak 6m	57
Tabel 6.5 Hasil Pengujian Bluetooth Jarak 9m	57
Tabel 6.6 Hasil Pengujian Bluetooth Jarak 12m	58
Tabel 6.7 Hasil Pengujian Bluetooth Jarak 15m	58
Tabel 6.8 Hasil Pengujian Implementasi <i>Fuzzy</i>	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Metode Transmisi	5
Gambar 2.2 Design Refleksi	6
Gambar 2.3 Penampilan Fisik Perangkat Yang Dirancang	6
Gambar 2.4 Prototype.....	7
Gambar 2.5 Hasil yang diperoleh di Aplikasi Android	8
Gambar 2.6 Representasi linear naik	11
Gambar 2.7 Representasi linear turun.....	11
Gambar 2.8 Representasi Kurva segitiga	12
Gambar 2.9 Representasi kurva trapezium	13
Gambar 2.10 Gambar 2.11 Skematik Arduino Uno	14
Gambar 2.11 Sensor MAX30100	14
Gambar 2.12 Software IDE Arduino.....	15
Gambar 2.13 Bluetooth 05.....	16
Gambar 2.14 <i>Bluetooth-to-Serial-Module</i> HC-05.....	16
Gambar 2.15 <i>Bluetooth-to-Serial-Module</i> HC-05.....	16
Gambar 2.16 <i>Logical Level Converter</i>	17
Gambar 2.17 Pin <i>Logical Level Converter</i>	18
Gambar 2.18 MIT App inventor	19
Gambar 3.1 Alur Metodologi Penelitian	20
Gambar 3.2 Pohon Analisa kebutuhan sistem	22
Gambar 3.3 Blog diagram sistem	24
Gambar 5.1 Blok Diagram Prancangan sistem.....	29
Gambar 5.2 Skematik Keseluruhan sistem	30
Gambar 5.3 Skematik Logic Level Converter dengan Sensor Max30100	30
Gambar 5.4 Skematik Bluetooth Hc-05.....	31
Gambar 5.5 Flowchart Perancangan Perangkat Lunak.....	32
Gambar 5.6 Flowchart <i>Fuzzy</i>	32
Gambar 5.7 Diagram Flow <i>Fuzzy</i> fikasi	33
Gambar 5.8 Fungsi Keanggotaan Detak Jantung	33
Gambar 5.9 Fungsi Keanggotaan SpO2.....	34
Gambar 5.10 Diagram Alir Inferensi	35

Gambar 5.11 Diagram Alir Defuzzy fikasi.....	36
Gambar 5.12 Penempatan Komponene pada alat	37
Gambar 5.13 Alat Tampak Depan	38
Gambar 5.14 SensorTampak Depan	38
Gambar 5.15 Bluetooth Tampak Atas.....	39
Gambar 5.16 Implemantasi Level Converter	39
Gambar 5.17 Kode Blok Aplikasi Instagram	49
Gambar 6.1 Hasil Tester Max30100.....	51
Gambar 6.2 Pengukuran Manual Detak Nadi	52
Gambar 6.3 Output Detak Jantung Max30100	53
Gambar 6.4 Output SpO2 Max30100.....	54
Gambar 6.5 Pengambilan Data Di Lavallete	55
Gambar 6.6 (a) Blutooth tersambung (b) Bluetooth tidak tersambung	56
Gambar 6.7 Hasil Implementasi fuzzy	59



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Darah adalah sebuah sistem transportasi yang ada pada tubuh manusia yang berguna untuk membawa zat - zat yang dibutuhkan oleh tubuh dan mengedarkannya ke seluruh tubuh. Di antara zat-zat yang terkandung dalam darah juga mempunyai peranan penting dalam pemenuhan oksigen dalam tubuh manusia. Dikarenakan pentingnya pasokan oksigen dalam tubuh manusia maka informasi tentang kadar oksigen dalam darah merupakan hal yang penting untuk mengetahui kondisi kesehatan tubuh. Meskipun beratnya hanya 2 persen dari total berat tubuh, ternyata otak membutuhkan sekitar 20 persen dari kebutuhan oksigen. Otak ternyata sangat rentan terhadap hipoksia. Hanya dalam waktu enam sampai dengan sembilan menit saja otak dalam kondisi hipoksia atau kekurangan oksigen, maka berakibat gangguan otak serius yang bahkan dapat menetap.

Hipoksia adalah suatu keadaan terjadinya kekurangan oksigen di dalam jaringan tutur dokter spesialis penyakit dalam dari Wahidin Sudorihusodo, Dr Harun Iskandar. Hipoksia merupakan kondisi berbahaya karena dapat mengganggu fungsi otak, hati, dan organ lainnya dengan cepat. Hipoksia dapat dideteksi dengan sturasi oksigen yang rendah dengan gejala yang lain yaitu sesak napas, napas cenderung cepat dan detak jantung yang cepat. (webmd.com,2018)

Saturasi adalah persentase dari pada hemoglobin yang mengikat oksigen dibandingkan dengan jumlah total hemoglobin yang ada di dalam darah (Andrey, 2005). Sehingga bila hanya sedikit hemoglobin yang mengikat oksigen, seseorang akan merasakan gejala kekurangan oksigen yang diantaranya adalah sesak, pusing, dan gelisah. Alat yang mengukur saturasi oksigen disebut *pulse oxymetry* dan bagi orang-orang yang membutuhkannya seperti tenaga medis. Persentase saturasi oksigen normal pada manusia sama pada seluruh jenjang umur, yakni 95%-100% baik bagi bayi baru lahir maupun lansia.

Oksimeter termasuk alat kategori non-invasive, artinya oksimeter tidak memerlukan sampel darah yang harus dikeluarkan dari dalam tubuh. Cara kerjanya mengukur intensitas cahaya LED yang dipaparkan di permukaan kulit jari setelah melewati kulit dan berinteraksi dengan seldarah merah. Alat ini bertujuan untuk mengukurs aturasi oksigen darah dengan observasi absorpsi gelombang optik yang melewati kulit dan berinteraksi dengan seldarah merah. Dengan membandingkan absorpsi cahaya, alat tersebutdapat menentukan persentase Hb yang disaturasi (Srie, 2003).

MAX30100 adalah pulse oximeter yang terintegrasi dan solusi sensor monitor denyut jantung. menggabungkan dua LED, photodetektor,optik yang dioptimalkan,dan pemrosesan sinyal analog noise rendah untuk mendeteksi oksimetri denyut nadi dan sinyal denyut jantung. Sensor ini akan disambungkan dengan mikrokontroler sebagai pengolahan data sensor. Setelah mendapat

akuisisi sensor maka mikrokontroler akan mengolahnya dengan metode *fuzzy* dan mengirimkan data menggunakan Bluetooth sehingga dapat ditampilkan pada aplikasi android. Keluaran dari mikrokontroler ini yaitu sebuah saturasi oksigen detak jantung dan tingkat hipoksianya.

Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang output. Logika *Fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistic, konsep tidak pasti seperti sedikit, lumayan, dan sangat. Pendekatan logika *fuzzy* memiliki kelebihan pada hasil yang terkait dengan sifat kognitif manusia, khususnya pada situasi yang melibatkan pembentukan konsep, pengenalan pola, dan pengambilan keputusan dalam lingkungan yang tidak pasti atau tidak jelas.

Pada hari-hari sebelumnya, metode umum yang digunakan untuk mengukur saturasi oksigen darah adalah pengukuran gas darah arteri. Sebuah Arterial *Blood Gas* adalah tes darah yang melibatkan tusukan arteri dengan jarum dan syringe tipis dan menarik sejumlah kecil darah. Metode ini *invasive*, mahal, sulit, menyakitkan dan berpotensi beresiko. (Jahan, 2014).

Berdasarkan fakta tersebut maka dibutuhkan sistem yang dapat mendeteksi gejala awal hipoksia berdasarkan detak jantung dan saturasi oksigen yang dengan cara *non-invasive* yang menggunakan sensor max30100 diolah dengan metode *fuzzy* yang akan dikembangkan dalam skripsi ini.

1.2 Rumusan masalah

Dari penjelasan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana sistem mendapatkan hasil gejala hipoksia menggunakan sensor Max30100 dengan metode fuzzy?
2. Berapakah akurasi sensor yang didapatkan oleh akuisisi data sensor ?
3. Berapa jarak maksimal yang dapat dikirimkan Bluetooth pada sistem ?
4. Bagaimana akurasi metode *fuzzy* pada system deteksi hipoksia ?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin penulis capai pada penelitian ini adalah:

1. Mengakuisisi data dari sensor MX30100 sebagai input an sistem sehingga dapat mengklasifikasikan tingkat hipoksia.
2. Mengetahui berapakah akurasi data detak jantung dan SpO2.
3. Mengetahui jarak maksimal yang dapat dikirimkan pada smartphone.
4. Mendapatkan hasil yang akurat dari sistem.

1.4 Manfaat

Dengan diadakannya penelitian dan pembuatan sistem tersebut diharapkan akan memberi manfaat sebagai berikut:

1. Membuat sistem pendeteksi gejala hipoksia yang *non-invasive*.
2. Dapat mengetahui gejala hipoksia pada tubuh dengan sensor MAX3010
3. Membantu perkembangan dalam sistem medis.

1.5 Batasan masalah

Batasan masalah dalam penelitian dan pembuatan sistem ditentukan agar permasalahan yang dirumuskan lebih fokus. Batasan pada penelitian ini adalah:

1. Sistem digunakan pada jari telunjuk.
2. Sistem hanya mendeteksi gejala awal hipoksia pada manusia.
3. Pendeteksi menggunakan akuisisi data sensor dari saturasi oksigen dan detak jantung.
4. Detak jantung manusia digunakan 60 – 80 Bpm untuk kategori normal.
5. Sistem penentuan tingkat hipoksia menggunakan metode fuzzy .
6. Sistem menggunakan aplikasi smartphone Android untuk menampilkan data.
7. Sistem digunakan pada waktu tubuh relaksasi.
8. Sistem mengeluarkan output digital.

1.6 Sistematika Pembahasan

Penelitian skematik pembahasan dan penyusunan laporan penelitian implementatif masuk dalam *development* dapat diuraikan sebagai berikut.

BAB I Pendahuluan

Menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II Landasan Kepustakaan

Pada bab ini akan menjelaskan tentang landasan teori yang terkait dengan penelitian. Pada bab ini juga dijelaskan tentang penelitian serupa yang pernah dilakukan.

BAB III Metode Penelitian

Membahas tentang langkah kerja yang dilakukan dalam penelitian diantaranya studi literatur, analisis kebutuhan sistem dan perancangan sistem.

BAB IV Rekayasa Kebutuhan

Membahas tentang kebutuhan fungsional dan non fungsional yang ada pada sebuah sistem.

BAB V Perancangan dan Implementasi Sistem

Bab ini membahas tentang perancangan sistem

BAB VI Pengujian dan Analisis

Bab ini membahas tentang cara pengujian dan analisis dari hasil pengujian sistem.

BAB VII Kesimpulan dan Saran

Bab ini membahas kesimpulan yang diperoleh dari perancangan, implementasi dan pengujian sistem, serta saran-saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.



BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Tinjauan Pustaka

Kajian pustaka ini membahas penelitian yang sudah ada dan berkaitan dengan penelitian yang diusulkan. Pada penelitian ini, kajian pustaka diambil dari beberapa penelitian yang pernah dilakukan.

2.1.1 *An Overview on Heart Rate Monitoring And Pulse Oximeter System*

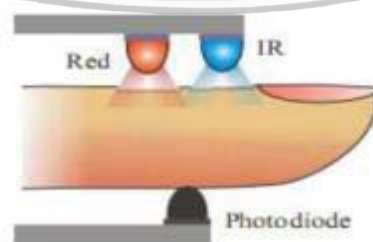
Pengukuran denyut jantung dan oksimeter denyut sangat faktor penting untuk mengakses kondisi sistem kardiovaskular manusia. Denyut jantung sebelumnya diukur dengan menempatkan ibu jari di atas pulsasi arteri, dan menghitung denyut nadi biasanya dalam periode 30 detik. Denyut jantung kemudian ditemukan dengan mengalikan angka yang diperoleh dengan 2.

Di sisi lain, persentase darah arteri yang mengandung oksigen membantu menentukan efektivitas sistem pernapasan pasien. Teknik di mana saturasi oksigen darah ditentukan disebut Pulse Oximetry Rentang normal yang dapat diterima untuk pasien adalah dari 95 hingga 100 persen, mereka yang memiliki masalah hipoksia, akan mempunyai nilai antara 88 hingga 92 persen.

Menurut Yousuf Jawahar, Pulse oximetry bisa dilakukan dengan dua metode :

1. Metode Transmisi

Metode Transmisi Dalam metode ini, cahaya ditransmisikan melalui jaringan menggunakan LED dan dideteksi pada ujung yang lain menggunakan detektor foto. Ini lebih cocok untuk area tubuh yang lebih baik untuk mentransmisikan cahaya melalui mereka, misalnya jari atau cuping telinga. Konfigurasi ini tidak dapat digunakan di area tubuh lain ketika ada rintangan seperti tulang atau otot.



Gambar 2.1 Metode Transmisi

Sumber (Jahan , 2014)

2. Metode Reflektansi

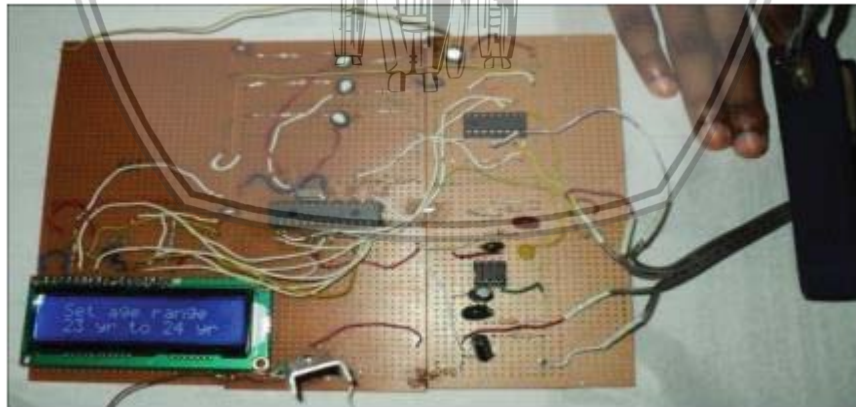
Metode Reflektansi Dalam reflektansi pulsa oksimetri menggunakan detektor foto di sisi yang sama dengan LED untuk mendeteksi cahaya yang dipantulkan oleh jaringan. Metode ini lebih berguna di mana pembuluh darah tersedia di dekat permukaan kulit misalnya dahi, jari tangan, lengan bawah.



Gambar 2.2 Metode Reflektansi

Sumber : (Jahan , 2014)

Sistem Sensor optik terdiri dari emitor dan pendeteksi cahaya dan rangkaian kontrol, Dalam sistem sensor, sumber cahaya dan detektor foto berada di sisi yang berlawanan dari jaringan di dalam *fingerclip*. Detektor foto mengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan melalui jaringan. Untuk mengukur tingkat SPO₂, diperlukan dua LED dengan panjang gelombang yang berbeda untuk membandingkan tingkat penyerapan darah yang mengandung oksigen dan terdeoksigenasi. Dengan demikian sensor optik terdiri dari dua LED memancarkan cahaya tampak dan inframerah sebagai emitor dan detektor foto.



Gambar 2.3 Penampilan Fisik Perangkat Yang Dirancang

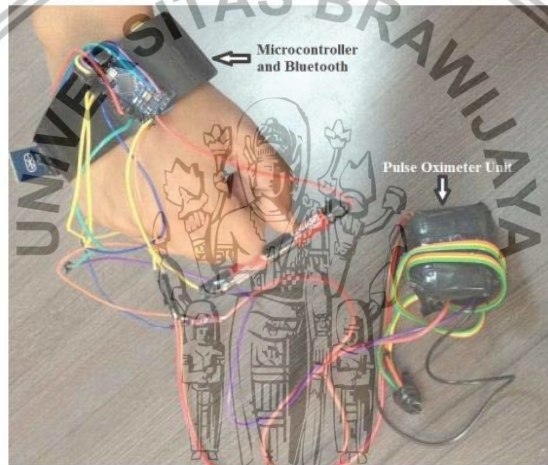
Sumber : (Jahan , 2014)

2.1.2 Design of Low Power Pulse Oximeter For Early Detection of Hypoxemia

Blok pemancar memiliki dua LED, seperti yang disebutkan di atas. Ini terhubung ke pin digital dari Arduino. Mikrokontroler menyalakan dan mematikan dua LED pada waktu yang terpisah.

Kedua LED tidak boleh dinyalakan bersama di waktu yang sama. Resistor digunakan untuk kontrol intensitas LED. Karena sirkuit untuk pemancar itu sederhana, untuk membatasi biaya kami memilih untuk menyoldernya langsung pada papan PCB nol setelah pengujian bukannya merancang PCB.

oksimeter Digunakan untuk mengumpulkan cahaya dibiaskan yang diperoleh di sisi lain jari, kami membutuhkan fotodioda yang tidak hanya bisa mendeteksi sinyal tetapi juga memberikan amplifikasi dalam sistem kurangi ruang dengan menghindari kebutuhan amplifikasi lain unit di papan. Jadi, kami memilih OPT101. OPT101 memiliki pada detektor foto chip dan penguat transimpedensi.



Gambar 2.4 Prototype

Sumber : (Kashishn , 2016)

Setelah nilai analog dari oksimeter mencapai mikrokontroler, program yang dikembangkan di Arduino IDE menghitung tingkat saturasi oksigen dan detak jantung.

Untuk menghitung parameter ini, ada sebuah sinyal analog setiap 0,05 detik. Karena sinyalnya bersifat periodik, hampir sinusoidal, itu akan selalu melintasi nilai yang ditentukan. Pada alat ini menyimpulkan bahwa sinyal telah melewati titik setel ini dengan membandingkan dua sampel berturut-turut dari sinyal. Jika sampel saat ini lebih besar dari sampel sebelumnya dan berada pada titik setel, maka dapat diperlakukan sebagai titik awal dari satu gelombang dan berakhir ketika sampel lain tersebut terjadi di mana ia berada pada titik setel dan lebih besar dari yang terakhir diamati. mencicipi. Untuk menghitung denyut

jantung, kami perlu menghitung total waktu sampel antara dua titik ini, awal dan akhir.

Setelah dua parameter ini diperoleh, data dikirim menggunakan modul Bluetooth, HC-06. Alat ini menggunakan komunikasi Bluetooth karena ketersediaannya yang berat di telepon biasa. Juga, itu memiliki keuntungan bekerja offline, tanpa perlu pengguna untuk selalu terhubung ke server.



Gambar 2.5 Hasil yang diperoleh di Aplikasi Android

Sumber : (Kashishn , 2016)

Aplikasi Android ini dikembangkan di MIT Beta AppInventor, sebuah platform terbuka untuk mengembangkan aplikasi Android menggunakan metode drag and drop sederhana, menghilangkan kebutuhan belajar bahasa pemrograman berbasis teks yang kompleks untuk pengembangan aplikasi. Keuntungan utama menggunakan aplikasi Android menggunakan AppInventor, selain kemudahan dalam mengembangkan algoritme, adalah persyaratan sederhana bahwa ponsel harus menjalankan aplikasi ini. MIT AppInventor mendukung semua sistem Android 2.3 ("*Gingerbread*") dan lebih tinggi, dan berjalan di ponsel yang memiliki kartu SD, virtual atau fisik.

2.2 Dasar Teori

Dasar teori membahas berbagai teori yang diperlukan dalam menyusun penelitian yang diusulkan.

2.2.1 Hipoksia

Hipoksia adalah suatu kondisi atau keadaan dimana persediaan oksigen tidak mencukupi untuk fungsi kehidupan normal hipoksemia adalah suatu kondisi atau keadaan dimana ada suplai oksigen arterial yang rendah - dalam beberapa publikasi istilah-istilah ini digunakan secara bergantian. Ada berbagai penyebab dan penyebab potensial dari semua jenis hipoksia. Gejala hipoksia dan / atau hipoksemia bisa akut atau kronis dan bervariasi intensitasnya dari ringan sampai berat. Gejala umum adalah:

1. Sesaknapas
2. Bernafas cepat.
3. Dandenyut jantung cepat

Gejala parah meliputi:

1. Ketidakmampuan berkomunikasi
2. Kebingungan
3. Gejala hipoksia atau hipoksemia pada anak-anak mungkin bernafas dengan mulut dan air liur.

Tabel 2.1 Persentase Nilai SpO2

Pembacaan SpO2	Interpretasi
95 -100 %	Normal
91 - 94	Hipoksia Ringan
86 - 90	Hipoksia Sedang
< 85	Hipoksia Berat

Sumber : (Jahan, 2014)

Kemungkinan koma atau kematian Secara umum, hipoksia dan / atau hipoksemia didiagnosis dengan pemeriksaan fisik dan dengan menggunakan pemantau oksigen (pulse oximeters), menentukan tingkat oksigen dalam sampel gas darah dan mungkin termasuk tes fungsi paru (Charles,2016).

2.2.2 Logika Fuzzy

Menurut Danisman et al (2015) bahwa logika *fuzzy* memetakan satu variabel ruang input atau lebih untuk variabel ruang output. Beberapa komponen dari sebuah *Fuzzy Inference System*, yaitu:

1. Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi adalah proses mengubah variabel non *fuzzy* variabel numerik menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik). Sistem inferensi bekerja dengan aturan dan input *fuzzy* . Memodifikasi input '*crisp*' menggunakan masukan membership function sehingga dapat digunakan oleh *aturan base*(Danisman et al., 2015). Fungsi fuzzifikasi ditentukan berdasarkan beberapa kriteria :

- a. Fungsi fuzzifikasi diharapkan mengubah suatu nilai tegas Bila nilai masukannya cacat karena gangguan, diharapkan fungsi fuzzifikasi dapat menekan sejauh mungkin gangguan itu.
- b. Fungsi fuzzifikasi diharapkan dapat membantu menyederhanakan komputasi yang harus dilakukan oleh sistem tersebut dalam proses inferensinya.

2. Aturan Base

Terdiri dari dasar aturan dari seperangkat aturan jenis IF – THEN (Danisman et al., 2015) unit basis pengetahuan dalam logika *fuzzy* terdiri dari dua bagian, yaitu :

- a. Basis data (*data base*) berisi fungsi – fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* yang terkait dengan variabel linguistik yang digunakan
- b. Basis aturan (*aturan base*) berisi aturan – aturan berupa implikasi *fuzzy* .
Inference System.
- c. Mengevaluasi aturan yang relevan sesuai dengan variabel input saat ini.

3. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi digunakan untuk menghasilkan nilai variabel solusi yang diinginkan dari suatu daerah konsekuen *fuzzy* . Mengkonversi output dari mesin inferensi dalam output dari *fuzzy* menggunakan teknik defuzzifikasi

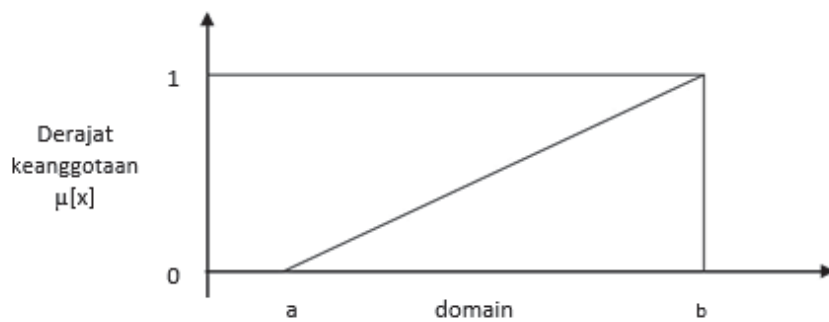
4. Keanggotaan Fuzzy

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data kedalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Apabila U menyatakan himpunan universal dan A adalah himpunan fungsi *fuzzy* dalam U , maka A dapat dinyatakan sebagai pasangan terurut (Wang, 1997 dari Wulandari, F., 2005). Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan.

a. Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas.

Ada 2 keadaan himpunan *fuzzy* yang *linear*. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol(0) bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi (Kusumadewi S, Purnomo H, 2010). Seperti terlihat pada gambar 2.7.



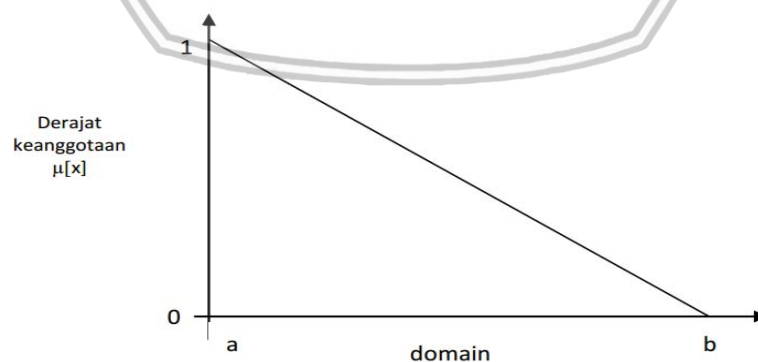
Gambar 2.6 Representasi linear naik

Sumber : (repository.usu.ac.id, 2017)

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x-a)/(b-a); & a < x < b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$

Kedua, merupakan kebalikan dari yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Seperti terlihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.7 Representasi linear turun

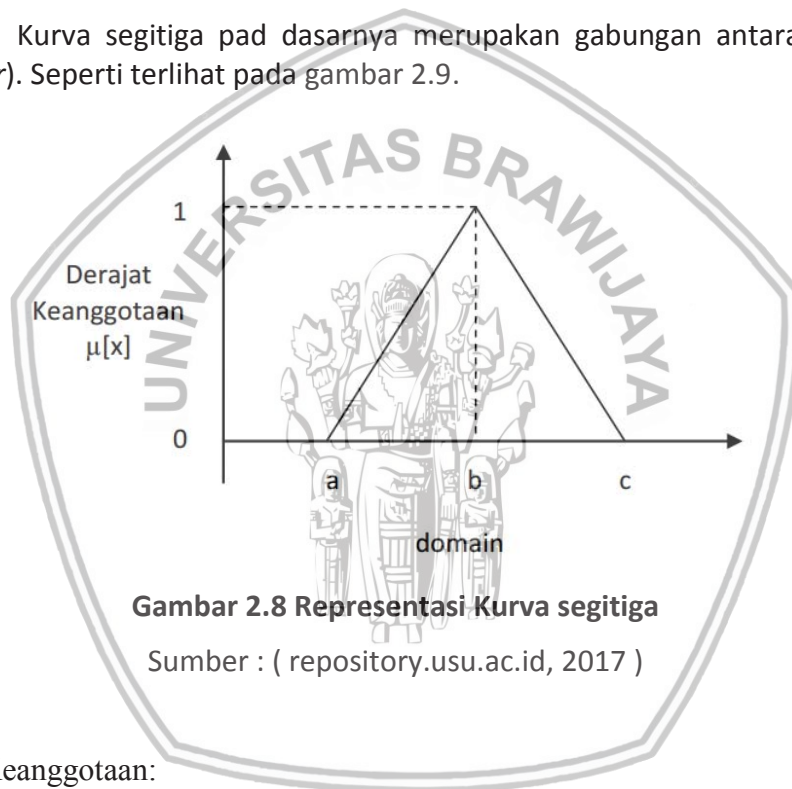
Sumber : (repository.usu.ac.id, 2017)

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \geq b \\ (b-x) / (b-a) & a < x < b \\ 1; & x \leq a \end{cases} \quad (2.2)$$

b. Representasi kurva segitiga

Kurva segitiga pad dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (*linear*). Seperti terlihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.8 Representasi Kurva segitiga

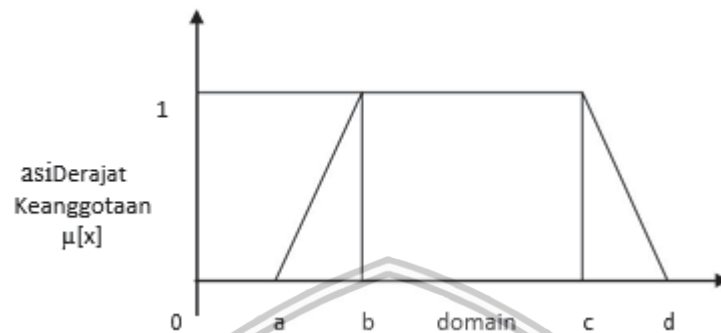
Sumber : (repository.usu.ac.id, 2017)

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \geq c \text{ atau } x \leq a \\ (x-a) / (b-a) & a < x < b \\ (c-x) / (c-b) & b < x < c \end{cases} \quad (2.3)$$

c. Representase kurva trapezium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 (Kusumadewi S, Purnomo H, 2010). Seperti terlihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.9 Representasi kurva trapezium

Sumber : (repository.usu.ac.id, 2017)

Fungsi keanggotaan:

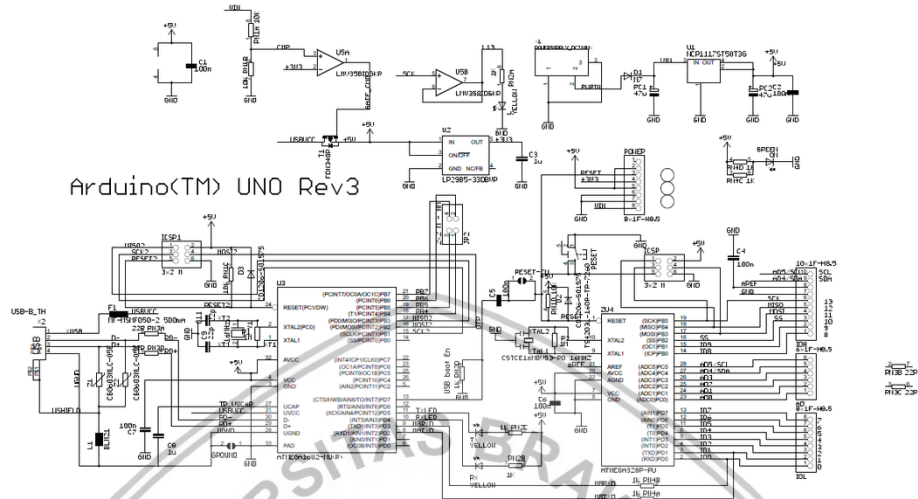
$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & x \geq d \text{ atau } x \leq a \\ (x-a) / (b-a); & a < x < b \\ (d-x) / (d-c); & c < x < d \\ 1; & c < x < d \end{cases} \quad (2.4)$$

2.2.3 Arduino Uno

Arduino Uno merupakan mikrokontroler berbasis ATmega328. Arduino uno mempunyai 14 pin input / output digital dengan 6 pin yang dapat digunakan sebagai PWM (Pulse Width Modulation), 6 input analog, quartz crystal 16 MHz, koneksi USB, sebuah sambungan power, header ICSP dan tombol reset. Semua hal tersebut diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, pengguna hanya perlu menghubungkan Arduino/ Genuino Uno ke komputer dengan kabel USB dan memberikan power dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk memulai.

Arduino Uno dapat diprogram menggunakan Arduino Software (IDE) dengan memilih board pada menu *tools* sesuai dengan board yang akan

digunakan. ATmega328 di Arduino Uno diprogram ulang dengan bootloader yang memungkinkan untuk mengunggah kode baru tanpa menggunakan programmer perangkat keras eksternal (Arduino, 2017).



Gambar 2.10 Skematik Arduino Uno

Sumber: (Arduino, 2017)

2.2.4 Sensor MAX30100 (RCWL-0530)

MAX30100 adalah pulse oximeter yang terintegrasi dan solusi sensor monitor denyut jantung. menggabungkan dua LED, photodetektor, optik yang dioptimalkan, dan pemrosesan sinyal analog noise rendah untuk mendeteksi oksimetri denyut nadi dan sinyal denyut jantung. MAX30100 beroperasi dari power supreme 1.8V dan 3.3V dan dapat dimatikan melalui perangkat lunak dengan arus siaga yang dapat diabaikan, memungkinkan catu daya tetap terhubung setiap saat.



Gambar 2.11 Sensor MAX30100

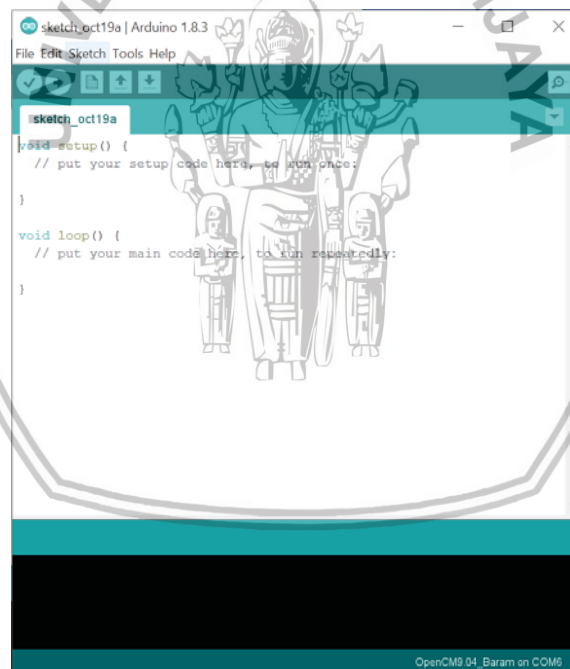
Sumber: (www.pinterest.co.uk, 2017)

Sebuah alat yang dinamakan probe memiliki sumber cahaya, pendeteksi cahaya, dan mikroprosesor yang dapat membandingkan dan menghitung perbedaan hemoglobin yang kaya akan oksigen dengan yang kekurangan oksigen.

Satu sisi probe mengandung sumber cahaya dengan dua jenis yang berbeda: merah dan inframerah. Kedua jenis cahaya tersebut disebarkan melalui jaringan tubuh menuju pendeteksi cahaya yang terdapat pada sisi lain probe. Hemoglobin yang lebih kaya akan oksigen menyerap lebih banyak cahaya inframerah, sedangkan yang tidak memiliki oksigen akan menyerap cahaya merah. Mikroprosesor pada probe menghitung perbedaan kadar oksigen dan mengubah informasi tersebut ke dalam nilai digital. Nilai tersebut kemudian ditaksir untuk menentukan jumlah oksigen yang dibawa oleh darah. (Maxim Integrated, 2014).

2.2.5 Pemrograman Arduino

Arduino mempunyai software IDE Arduino untuk menuliskan kode program serta meng-*upload* kode program tersebut. Software tersebut dapat digunakan di sistem operasi Windows, Linux dan Mac OS X (Arduino, 2017). Pemrograman ini adalah pemrograman tingkat rendah, yang berarti pemrograman dilakukan langsung ke hardware.

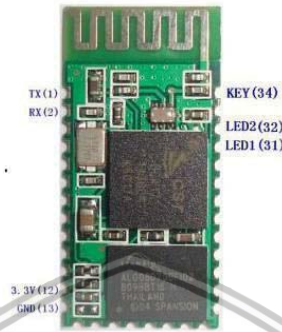


Gambar 2.12 Software IDE Arduino

2.2.6 Modul Bluetooth HC-05

Bluetooth adalah protokol komunikasi *wireless* yang bekerja pada frekuensi radio 2.4 GHz untuk pertukaran data pada perangkat bergerak seperti PDA, laptop, HP, dan lain-lain¹. Salah satu hasil contoh modul *Bluetooth* yang paling banyak digunakan adalah tipe HC-05. modul *Bluetooth* HC-05 merupakan

salah satu modul *Bluetooth* yang dapat ditemukan dipasaran dengan harga yang relatif murah. Modul *Bluetooth* HC-05 terdiri dari 6 pin konektor, yang setiap pin konektor memiliki fungsi yang berbeda - beda. Untuk gambar *module bluetooth* dapat dilihat pada gambar 2.14 :

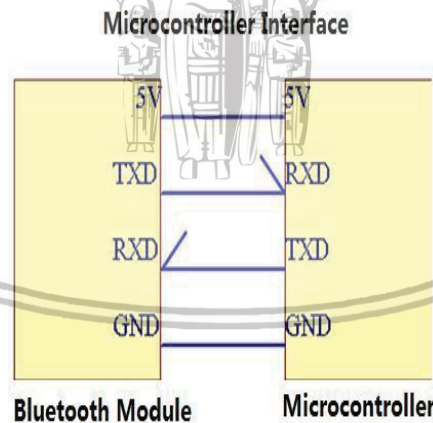


Gambar 2.13 Modul Bluetooth HC-05

Sumber: (<https://mbed.org/users/edodm85/notebook/HC-05-bluetooth>)

Modul *Bluetooth* HC-05 dengan *supply* tegangan sebesar 3,3 V ke pin 12 modul *Bluetooth* sebagai VCC. Pin 1 pada modul *Bluetooth* sebagai transmitter. kemudian pin 2 pada *Bluetooth* sebagai *receiver*.

Berikut merupakan *Bluetooth-to-Serial-Module* HC-05 dapat dilihat pada gambar 2.15 dibawah ini:



Gambar 2.14 Bluetooth-to-Serial-Module HC-05

Sumber: (<http://tokoone.com/modul-bluetooth-modul-serial>, 2017)

Module Bluetooth HC-05 merupakan *module Bluetooth* yang bisa menjadi *slave* ataupun *master* hal ini dibuktikan dengan bisa memberikan notifikasi untuk melakukan *pairing* keperangkat lain, maupun perangkat lain tersebut yang melakukan *pairing* ke module Bluetooth HC-05. Untuk mengeset perangkat Bluetooth dibutuhkan perintah-perintah AT Command yang mana perintah AT Command tersebut akan di respon oleh perangkat *Bluetooth* jika

modul *Bluetooth* tidak dalam keadaan terkoneksi dengan perangkat lain. Table 2.1 dibawah adalah table *AT Command Module Bluetooth HC-05*. Keterangan *AT Command Module Bluetooth CH-05* dapat dilihat pada table 2.2 berikut

Tabel 2.2 AT Command Module Bluetooth CH-05

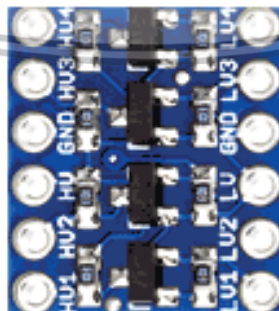
No	Perintah	Kirim	Terima	Keterangan
1	Test Komunikasi	AT	OK	
2	Ganti Nama Bluetooth	AT+ Name	OKanamaBT	
3	Ubah Pin Code	AT + Pin XXXX	Okstpin	xxx digitKey
4	Ubah boudrate	AT BAUD1	OK1200	1 -- 1200
		AT BAUD2	OK2400	2 -- 2400
		AT BAUD3	OK4800	3 -- 4800
		AT BAUD4	OK9600	4 -- 9600
		AT BAUD5	OK19200	5 -- 19200
		AT BAUD6	OK38400	6 -- 38400
				7 -- 57600
				8 -- 115200

Sumber: (diytech.net/2013/10/09/mengenal-bluetooth-modul-hc-05-1, 2017)

2.2.7 LOGICAL LEVEL CONVERTER

Level adapter (level shifter) adalah komponen yang memungkinkan untuk mengubah sinyal logika dari level tegangan yang berbeda. Ini adalah perangkat yang sangat berguna dalam prosesor seperti Arduino.

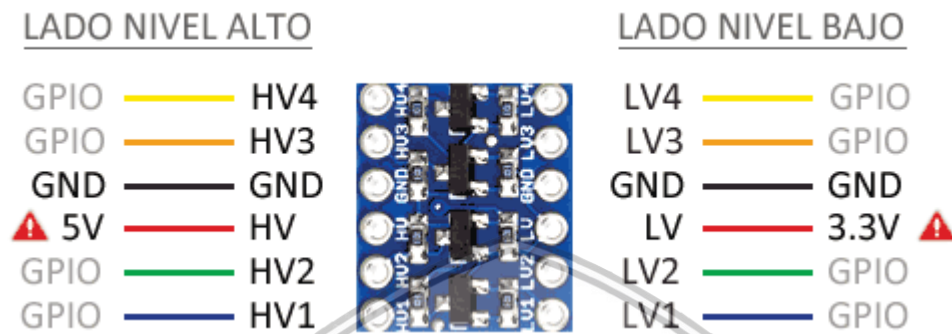
Seperti yang kita ketahui, prosesor beroperasi dalam tegangan yang berbeda, yang paling umum adalah 5V, 3.3V dan, pada tingkat lebih rendah, 2.8 dan 1.8V. Secara tradisional, model Arduino yang paling sering adalah 5V. Namun, sebagian besar prosesor modern (Arduino Due, STM32, ESP8266, ESP32, Raspberry Pi) mengoperasikan 3.3V. (luisllamas.es , 2018)



Gambar 2.16 Logical Level Converter

Sumber : (luisllamas.es , 2018)

Untuk menghubungkan perangkat digital dengan voltase pengenalan yang berbeda, perlu menyesuaikan tingkat voltase. Jika tidak, kemungkinan besar rakitan kami tidak berfungsi, dan bahkan merusak sensor.



Gambar 2.17 Pin Logical Level Converter

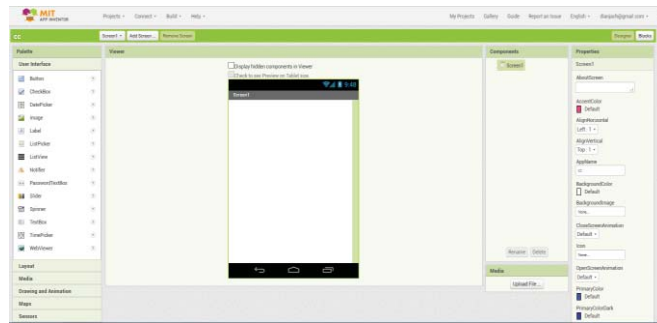
Sumber : (luisllamas.es , 2018)

Untuk menggunakan level converter sangat mudah . komponen ini memiliki dua sisi yang berbeda, satu untuk perangkat tegangan tertinggi (diidentifikasi dengan TINGGI) dan satu untuk perangkat tegangan lebih rendah (diidentifikasi dengan LOW).

Di satu sisi kita harus menghubungkan GND dari kedua perangkat ke GND dari Logical Level Converter . GND dari sensor harus disambungkan sesuai kebutuhan voltase. Di sisi lain, kita harus menyediakan dua tegangan utama dari kedua perangkat ke tingkat shifter. Pin pada HV digunakan untuk tegangan Vcc dari perangkat tegangan yang lebih besar sedangkan LV untuk Vcc dari perangkat tegangan yang lebih kecil. Pin Lv1 sampai Lv4 d disambungkan sesuai kebutuhan sensor.

2.2.8 MIT APP Inventor

Mulyadi (2013: 1) menjelaskan App Inventor adalah sebuah tool untuk membuat aplikasi android yang berbasis visual block programming, sehingga pengguna bisa membuat aplikasi tanpa melakukan coding. Visual block programming maksudnya adalah dalam penggunaannya user akan melihat, menggunakan, menyusun dan drag-drops “blok” yang merupakan simbol-simbol perintah dan fungsi –event handler tertentu dalam membuat aplikasi, dan secara sederhana bisa disebut tanpa menuliskan kode program.



Gambar 2.18 Tampilan MIT APP Inventor
 Sumber : (ai2.appinventor.mit.edu, 2017)

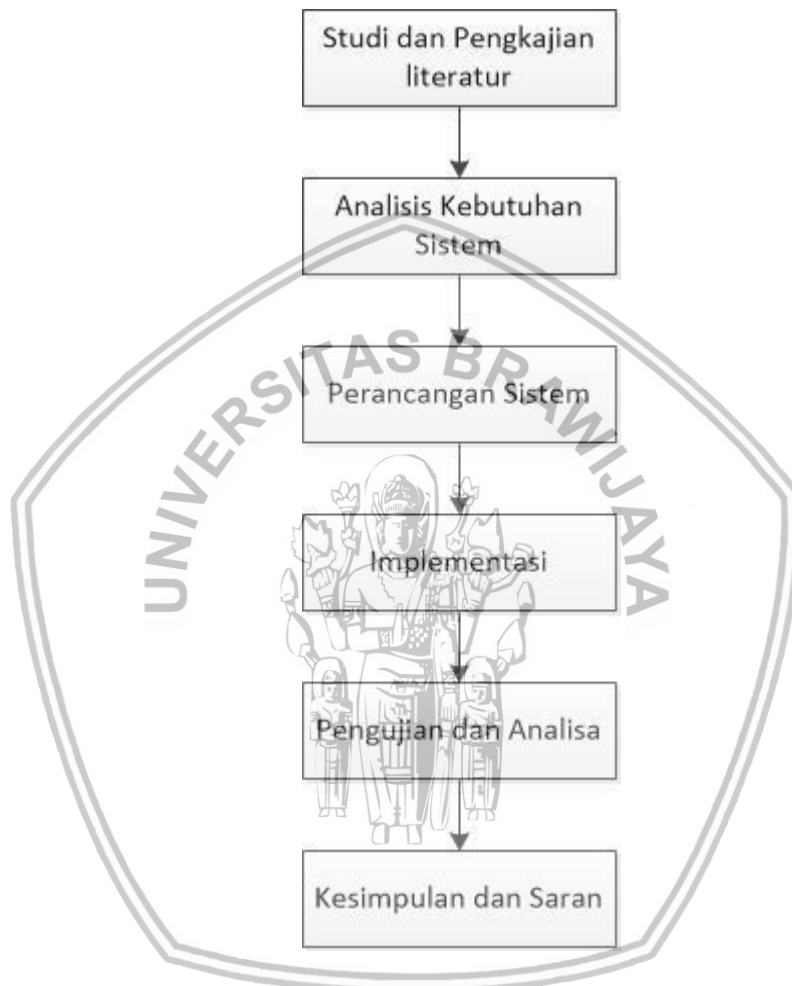
Aplikasi App Inventor ini pada dasarnya adalah aplikasi yang disediakan oleh google dan sekarang di-maintenance oleh Massachusetts Institute of Technology (MIT). Aplikasi ini selesai dibuat pada 12 juli 2010 dan dirilis untuk public pada 31 Desember 2011. App Inventor sekarang dipegang oleh MIT Centre for Mobile Learning dengan nama MIT App Inventor. Gambar berikut adalah gambar tampilan aplikasi App Inventor.



BAB 3 METODOLOGI

3.1 Alur Metodologi Penelitian

Dari Alur metodologi penelitian yang dilakukan secara umum dapat dilihat dari diagram alir pada gambar 3.1 :



Gambar 3.1 Alur Metodologi Penelitian

Berdasarkan gambar alur metodologi penelitian diatas dapat dilihat, semua proses dilakukan secara terurut dimulai dari studi dan pengkajian literatur sampai dengan kesimpulan. Beberapa tahapan mempunyai syarat agar dapat dilanjutkan ke tahapan berikutnya, seperti jika implementasi sesuai dengan semua yang sudah dirancang sebelumnya pada implementasi sistem, maka sistem dinyatakan siap untuk dilakukan pengujian dan analisis. Sebaliknya jika implementasi tidak sesuai dengan yang dirancang maka akan dilakukan pengulangan terhadap implementasi sistem. Implementasi sesuai atau tidak berdasarkan dari hasil sistem ketika dijalankan. Ketika pada tahap dijalankan sudah sesuai yang dirancang, maka

implementasi berhasil. Begitu juga dengan pengujian dan analisis, ketika pengujian dan analisis sesuai dengan hipotesis awal, maka dapat ditarik kesimpulan dari keseluruhan tahapan. Jika tidak sesuai, maka akan kembali ke tahapan perancangan sistem.

3.1.1 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan bertujuan untuk mengkaji hal-hal yang berhubungan dengan teori-teori yang mendukung dalam perencanaan alat. Adapun teori-teori yang dikaji adalah sebagai berikut:

1. *An Overview on Heart Rate Monitoring And Pulse Oximeter System.*
2. *Design of Low Power Pulse Oximeter for Early Detection of Hypoxemia.*
3. Rancangan bangun pulse oximetry menggunakan arduino sebagai deteksi kejenuhan oksigen dalam darah.

3.1.2 Analisis Kebutuhan Sistem

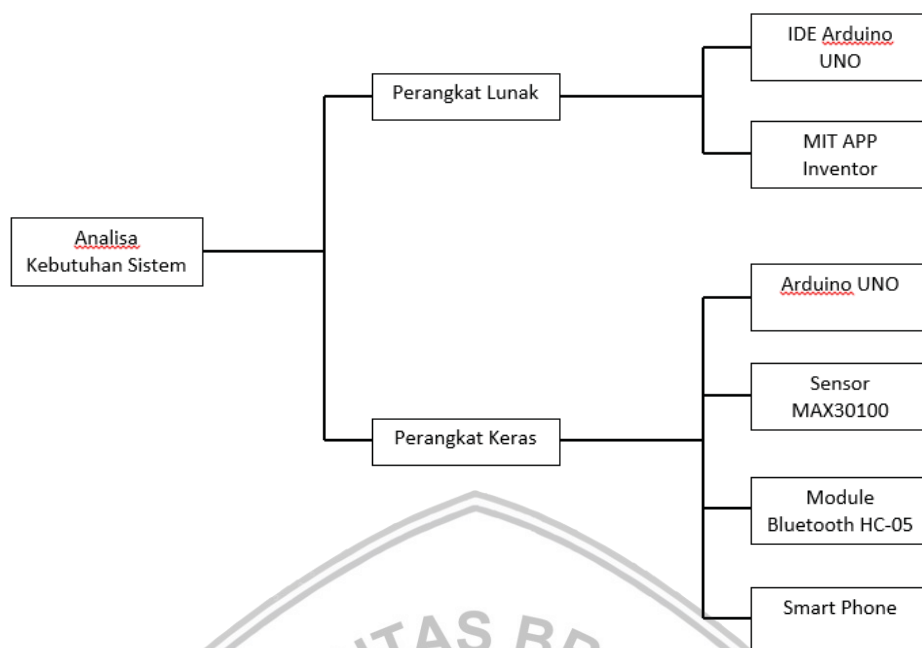
Analisis kebutuhan sistem meliputi kebutuhan perangkat lunak dan kebutuhan perangkat keras. Perangkat lunak yang dibutuhkan dalam membangun sistem ini adalah perangkat lunak yang dapat digunakan untuk membuat program pada sistem meliputi:

1. Perangkat lunak yang dapat digunakan untuk membuat program dan dimasukkan ke mikrokontroler yang digunakan.
2. Perangkat lunak yang dapat digunakan untuk mengakuisisi data sensor.
3. Perangkat lunak yang dapat digunakan untuk membuat aplikasi android.

Sedangkan perangkat keras yang dibutuhkan dalam membangun sistem ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

1. Perangkat keras yang dapat di-*upload* suatu program untuk membaca nilai sensor yang masuk kemudian mengirimkan data tersebut ke komputer untuk dilakukan proses perhitungan logika *fuzzy*.
2. Perangkat keras yang dapat dibaca kemudian menjadi input Mikrokontroler yang digunakan.
3. Perangkat keras yang bisa menampilkan output di mikrokontroler dan sensor.

Analisis kebutuhan sistem dibagi menjadi dua meliputi kebutuhan perangkat lunak dan kebutuhan perangkat keras. Analisis kebutuhan digambarkan pada pohon analisis kebutuhan sistem sebagai berikut:



Gambar 3.2 Pohon analisa kebutuhan sistem

3.1.2.1 Kebutuhan Perangkat Lunak

Pada kebutuhan perangkat lunak, penelitian ini membutuhkan sebuah IDE yang dapat meng-compile dan meng-*upload* kode program yang sudah dikerjakan untuk membaca nilai sensor ke dalam mikrokontroler. Sistem ini menggunakan aplikasi IDE Arduino untuk men-*download* program ke Arduino. Selain menggunakan Arduino IDE sistem ini juga membutuhkan MIT APP Inventor untuk membuat aplikasi di android supaya dapat menghubungkan HC-05 dengan smartphone android.

3.1.2.2 Kebutuhan Perangkat Keras

Pada penelitian ini, peneliti membuat sebuah sistem yang dapat mendeteksi sebuah penyakit yang diakibatkan oleh kekurangan oksigen dalam darah pembacaan dari sebuah sensor MAax30100 . Kebutuhan perangkat keras membutuhkan mikrokontroler sebagai pemroses data dari sebuah sensor dan data hasil dari metode *fuzzy* akan dikirimkan melalui modul Bluetooth dan ditampilkan pada smartphone android.

Berikut merupakan tabel spesifikasi dari perangkat keras yang digunakan:

Tabel 3.1 Spesifikasi Arduino Uno

Microcontroller	<u>ATmega328P</u>
Operating Voltage	5V

<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12V
<i>Input Voltage (limit)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	14 (of which 6 provide PWM output)
<i>PWM Digital I/O Pins</i>	6
<i>Analog Input Pins</i>	6
<i>DC Current per I/O Pin</i>	20 mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
<i>SRAM</i>	2 KB (ATmega328P)
<i>EEPROM</i>	1 KB (ATmega328P)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
<i>LED_BUILTIN</i>	13
<i>Length</i>	68.6 mm
<i>Width</i>	53.4 mm
<i>Weight</i>	25 g

Sumber: (Arduino, 2017)

MAX30100 bisa disebut juga pulse oximeter yang terintegrasi dan solusi sensor monitor denyut jantung. menggabungkan dua LED, photodetektor, optik yang dioptimalkan, dan pemrosesan sinyal analog noise rendah untuk mendeteksi oksimetri denyut nadi dan sinyal denyut jantung dengan spesifikasi yang ada pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Spesifikasi Sensor MAX30100

<i>Description</i>	<i>Specification</i>
<i>Power supply (min)</i>	1,7 V
<i>Power supply (max)</i>	2 V
<i>LED supply (min)</i>	3,1 V
<i>LED supply (max)</i>	5 V
<i>Suplly current Spo2</i>	1200 μ A
<i>Suplly current heart rate</i>	1200 μ A
<i>Suplly shutdown</i>	10 μ A
<i>Red ADC (max)</i>	29000 counts
<i>Red ADC (min)</i>	23000 counts
<i>Infrared ADC (max)</i>	29000 counts
<i>Infrared ADC (min)</i>	23000 counts

Sumber: (intergrated, 2014)

Modul HC-05 adalah modul Bluetooth SPP (Serial Port Protocol) yang mudah digunakan, dirancang untuk pengaturan koneksi serial nirkabel transparan. Modul port serial Bluetooth memenuhi syarat Modifikasi 3Mbps Bluetooth® V2.0 + EDR

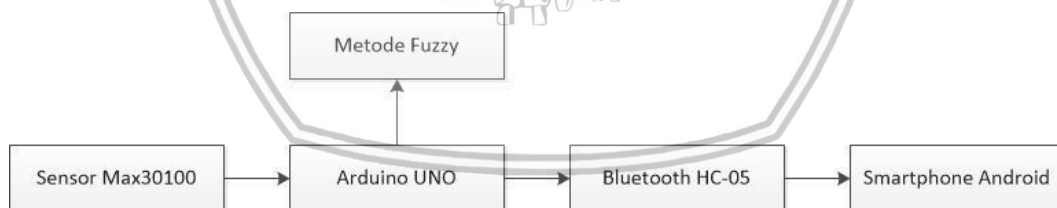
(Enhanced Data Rate) dengan transceiver radio 2.4GHz lengkap dan baseband. Ini menggunakan sistem bluetooth *Single Blu-One OEM Bluecore 04* dengan teknologi CMOS dan dengan AFH (*Adaptive Frequency Hopping Feature*). Dengan spesifikasi pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Spesifikasi modul Bluetooth HC-05

Perangkat keras	Perangkat lunak
80dBm sensitivitas	Default Baud rate: 38400
Sampai + 4dBm RF mengirimkan daya	Dengan adanya pulsa yang meningkat di PIO0
Low Power 1.8V Operation, 1,8 sampai 3.6V I / O	Port instruksi status PIO1: terputus rendah, terhubung tinggi;
Kontrol PIO	PIO10 dan PIO11 dapat dihubungkan ke merah dan birumerah dan biru
Antarmuka UART dengan baud rate yang dapat diprogram	Sambungkan otomatis ke perangkat terakhir pada daya sebagai default
Dengan antena terintegrasi	Memasangkan otomatis PINCODE: "0000" sebagai default
Dengan konektor tepi	Sambungkan kembali otomatis

3.2 Perancangan sistem

Perancangan sistem dilakukan setelah semua kebutuhan sistem didapatkan melalui tahap analisis kebutuhan yang meliputi kebutuhan perangkat lunak dan kebutuhan perangkat keras. Setelah kebutuhan sistem terpenuhi selanjutnya adalah perancangan perangkat lunak dan perancangan perangkat keras yang tergambar pada blog diagram berikut:



Gambar 3.3 Blog diagram sistem

Sensor MAX30100 akan membaca saturasi oksigen dan detak jantung yang akan menjadi inputan dari sistem. Dari inputan tersebut akan diproses pada mikrokontroler arduino uno menggunakan logika *fuzzy* model sugeno. Setelah perhitungan selesai maka output dari sistem akan dikirimkan oleh modul Bluetooth hc-05 dan ditampilkan oleh aplikasi yang di instal pada smartphone .

3.3 Implementasi sistem

Implementasi sistem meliputi proses perancangan sistem sampai dengan pada hasil akhir penelitian. Berikut adalah tahapan implementasi pada sistem:

1. Implementasi pembacaan sensor MAX30100 menggunakan mikrokontroler Arduino Uno.
2. Implementasi pembacaan output dari mikrokontroler Arduino Uno ke aplikasi smartphone .
3. Implementasi metode *Fuzzy* pada mikrokontroler.

3.4 Pengujian Sistem

Terdapat beberapa rancangan skenario pengujian yang akan dilakukan antara lain:

1. Pengujian fungsional Sensor Max30100 .
2. Pengujian output data pada sensor Max30100.
3. Pengujian alat menggunakan metode menggunakan *fuzzy* .
4. Pengujian jarak maksimal pengiriman Bluetooth .
5. Pengujian alat pada manusia .

3.5 Analisis dan Pembahasan

Setelah semua tahap dilakukan, mulai dari implementasi dan pengujian, dilakukan tahap selanjutnya, yaitu analisis dan pembahasan. Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap hasil semua hasil pengujian dan melakukan pembahasan, untuk menentukan nilai dari hasil pengujian sudah benar atau tidak, sehingga dapat dikatakan pengujian terhadap sistem berhasil.

3.6 Kesimpulan

Setelah proses perancangan, implementasi sistem, pengujian, analisis serta pembahasan dilakukan, maka dilakukan penarikan kesimpulan. Kesimpulan berisi gambaran dari hasil implementasi menggunakan metode *fuzzy* . Kesimpulan juga merupakan jawaban dari rumusan masalah yang telah ditetapkan diawal penelitian.

BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN

Bab rekayasa kebutuhan menjelaskan terkait gambaran umum sistem, kebutuhan sistem meliputi kebutuhan fungsional, kebutuhan *non* fungsional, kebutuhan perangkat lunak dan kebutuhan perangkat keras, kebutuhan komunikasi, batasan desain sistem serta alur kerja dari sistem.

4.1 Gambaran Umum Sistem

Sistem pendeteksi gejala hipoksia ini merupakan sistem yang terdiri dari sebuah sensor MAX30100, arduino, Bluetooth HC-05, dan *smartphone* android. Dibutuhkan akuisisi data yang tepat untuk mengidentifikasi hipoksia yang ada pada manusia. Dengan demikian sistem ini akan mendapatkan akurasi *output* yang benar sehingga menurunkan angka *error* pada sistem.

4.2 Kebutuhan Sistem

Pada bagian kebutuhan sistem dijelaskan kebutuhan fungsional, kebutuhan non fungsional, kebutuhan perangkat keras dan kebutuhan perangkat lunak, sehingga diharapkan akan menjadi lebih mudah dalam melakukan desain dan implementasi sistem.

4.2.1 Kebutuhan Fungsional

Sistem mempunyai kebutuhan fungsional yang harus terpenuhi antara lain:

1. **Sensor MAX30100 dapat membaca nilai saturasi oksigen dan detak jantung**

Sensor ini dapat membaca dua parameter yaitu saturasi oksigen dan detak jantung ke dua nilai dan akuisisi data dari sensor tersebut dapat diolah oleh mikrokontroler.

2. **Mikrokontroler dapat menerima data dari sensor MAX30100 dan memproses menggunakan metode *fuzzy***

Mikrokontroler harus dapat menerima data berupa nilai saturasi oksigen dan detak jantung yang dideteksi melalui ujung jari telunjuk yang dikirim menggunakan komunikasi I2C pada pin I/O mikrokontroler Arduino. Metode *fuzzy* harus dapat menentukan hipoksia dengan mengolah hasil akuisisi data sensor berupa saturasi oksigen dan detak jantung.

3. **Metode Fuzzy mengolah data detak jantung dan Spo2**

Metode fuzzy dapat mengolah data yang didapat dari sensor Max30100. Data akan melalui 3 proses yaitu fuzzyfikasi, inferensi, defuzzyfikasi. Sehingga menghasilkan *output* gejala awal hipoksia.

4. Mikrokontroler Arduino dapat mengirim hasil pengolahan menggunakan HC-05

Mikrokontroler Arduino harus dapat mengirimkan data melalui modul Bluetooth HC-05 sehingga data dapat diterima dan ditampilkan *smartphone* dengan perantara Bluetooth.

5. Smartphone dapat menerima olahan data yang ditampilkan melalui aplikasi.

Smart phone dapat menampilkan data yang sudah diolah mikrokontroler yang akan dikirimkan melalui modul Bluetooth HC-05 dan menampilkannya dengan sebuah aplikasi android.

4.2.2 Kebutuhan Non Fungsional

Pada sub bab ini dijelaskan beberapa kebutuhan non fungsional pada sistem antara lain:

1. Tegangan listrik yang sesuai dengan kebutuhan

Pada sistem dibutuhkan tegangan sebesar 5v dibutuhkan sebagai sumber tegangan mikrokontroler Arduino, sensor MAX30100, dan modul Bluetooth hc-05.

2. Aplikasi dari smart phone android

Aplikasi android ini berfungsi untuk menampilkan *output* dari mikrokontroler. Aplikasi akan menerima data melalui Bluetooth yang sudah disambungkan dengan sistem.

4.2.3 Kebutuhan Perangkat Keras

Pada penelitian ini dibutuhkan perangkat keras yang digunakan antara lain:

1. Komputer/Laptop

Komputer/laptop digunakan untuk melakukan desain sistem, menuliskan kode program dan sebagai monitor sistem. Adapun spesifikasi komputer/laptop yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a) Model Perangkat : Lenovo G40
- b) Prosessor : intel core i3
- c) Memori : DDR3 4GB

2. Mikrokontroler Arduino Uno

Mikrokontroler Arduino adalah sebagai kontroler utama yang dapat menerima inputan sensor, melakukan pengolahan metode dan algoritma dan mengirimkan perintah.

3. Sensor MAX30100

Sensor MAX30100 berfungsi untuk mendeteksi saturasi oksigen dan detak jantung melalui ujung jari. Nilai yang dihasilkan berupa persentase dari saturasi oksigen dan bpm untuk detak jantung.

4. Modul Bluetooth HC - 05

Modul Bluetooth ini berfungsi untuk menghubungkan dan mengirimkan data dari alat ke *smartphone* sehingga *smartphone* dapat menampilkannya melalui aplikasi.

5. *Smartphone* Android

Fungsi *smartphone* ini adalah untuk menampilkan data yang diolah dari mikrokontroler yang telah terhubung melalui Bluetooth dengan menggunakan aplikasi yang telah dibuat.

4.2.4 Kebutuhan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini dibutuhkan beberapa perangkat lunak antara lain :

1. Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit

Perangkat lunak ini digunakan sebagai sistem operasi yang digunakan oleh komputer/ laptop.

2. IDE Arduino

Perangkat lunak ini digunakan untuk menuliskan program dan meng-*upload* program tersebut ke mikrokontroler Arduino Uno

3. MIT App Inventor

Perangkat lunak yang mudah digunakan seperti puzzle yang dipasang dan dihubungkan satu sama lain. Perangkat ini berfungsi untuk pembuatan aplikasi yang akan di install pada android.

4.3 Batasan Desain Sistem

Agar sistem ini dapat dilakukan sesuai dengan harapan, maka perlu diterapkan batasan-batasan implementasi desain sistem, antara lain :

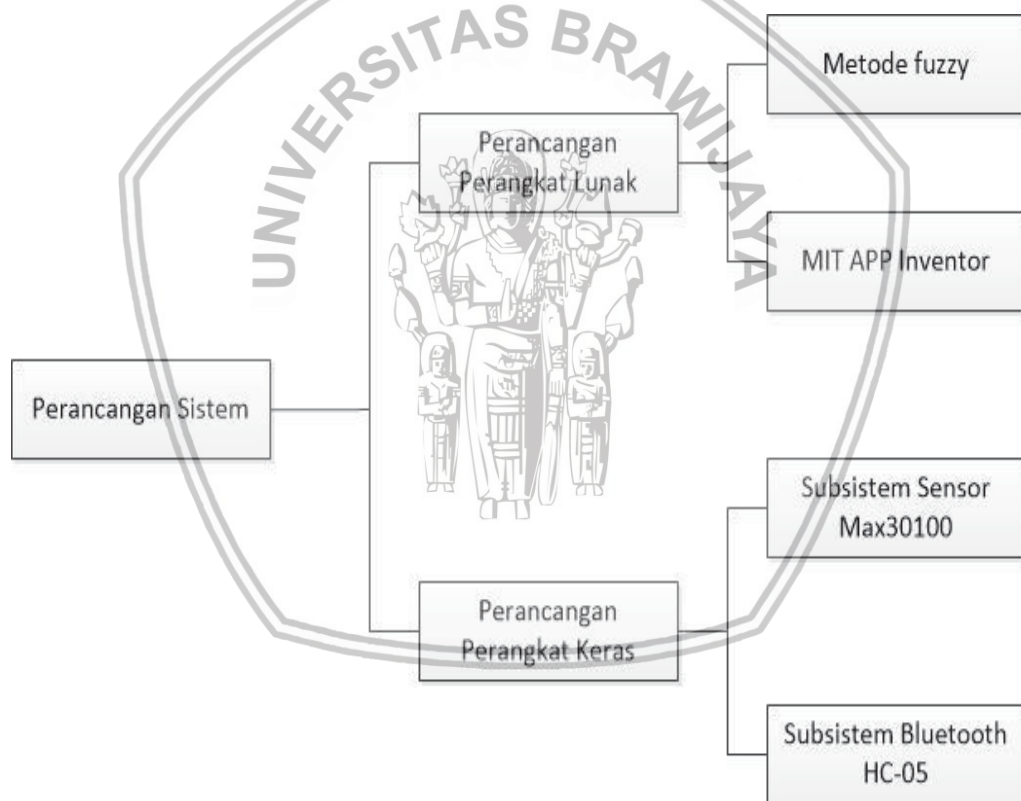
1. Sistem menggunakan mikrokontroler Arduino Uno.
2. Menggunakan satu buah sensor, menggunakan sensor MAX30100.
3. Menggunakan modul Bluetooth HC-05 untuk mengirim data ke android.
4. Aplikasi yang digunakan smart phone berbasis android.
5. Menggunakan metode *fuzzy sugeno* untuk mengolah data.

BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan tentang proses implementasi dari dasar teori yang telah dipelajari sesuai dengan analisis dan perancangan sistem.

5.1 Perancangan Sistem

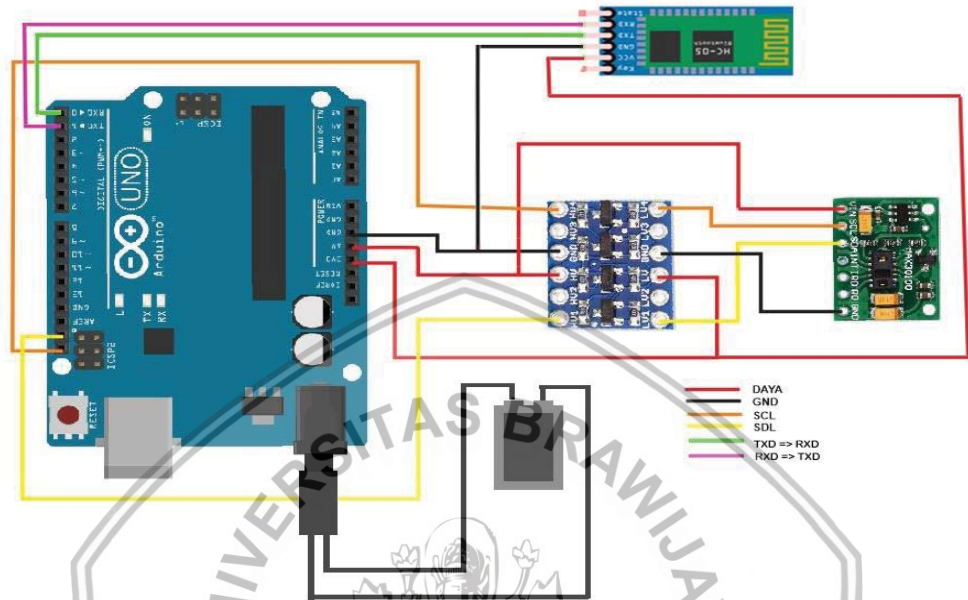
Berdasarkan metode penelitian diatas, perancangan sistem dilakukan setelah melakukan analisa kebutuhan sistem. Perancangan penelitian ini dilakukan untuk merencanakan tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam proses melakukan penelitian. Tahap penelitian yang harus dilakukan antara lain perancangan perangkat lunak dan keras. Diharapkan dengan dilakukannya tahapan perancangan penelitian dapat memperlancar proses pelaksanaan penelitian. Gambaran secara umum perancangan sistem pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Blok Diagram Perancangan Sistem

5.1.1 Perancangan Perangkat Keras

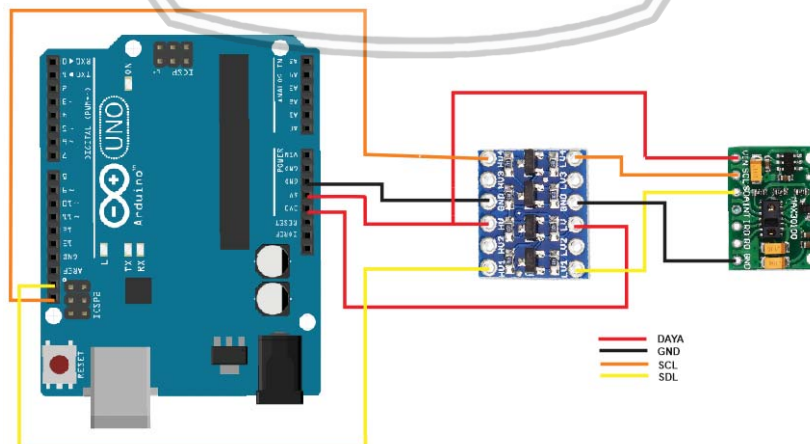
Perancangan pada perangkat keras secara keseluruhan dapat dilihat pada skematik Keseluruhan sistem pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Skematik Keseluruhan sistem

Pada gambar 5.2 adalah skematik keseluruhan sistem yang ada pada alat pendeteksi hipoksia. Sumber tegangan alat ini menggunakan baterai 9 volt yang akan memberi daya pada arduino. Tegangan yang masuk pada arduino akan dipecah menjadi 2 pada logic level converter sehingga menjadi 3 v dan 5 volt untuk menghidupkan sensor MAX30100. Daya 3,3 v juga dibutuhkan oleh Bluetooth HC-05 untuk pengiriman data output ke android.

5.1.1.1 Perancangan Subsystem Sensor MAX30100

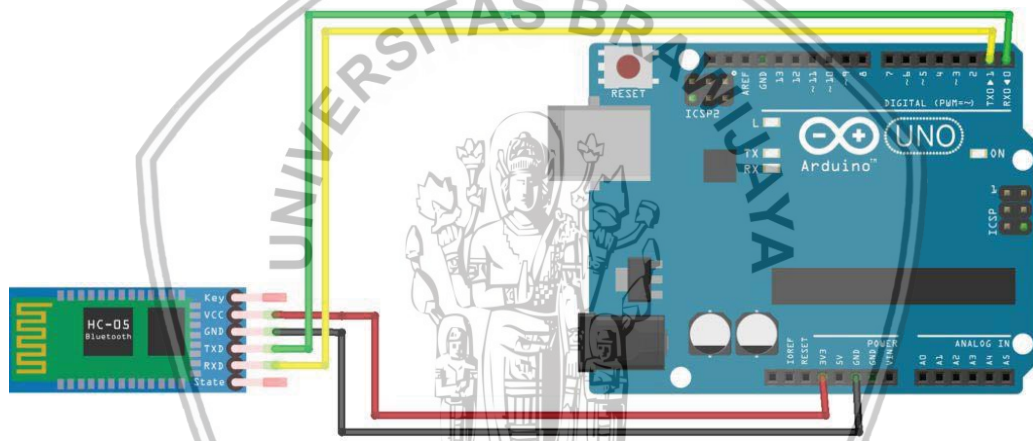


Gambar 5.3 Skematik Logic Level Converter dengan Sensor Max30100

Penjelasan dari gambar 5.3 yang merupakan subsistem dari Logical Converter dan sensor Max30100.

1. Sumber tegangan dari baterai akan memberi daya pada arduino. Kemudian arduino akan menurunkan tegangan 5v dan 3.3v. Disambungkan masing-masing pada VCC yang ada pada logic level converter yang berfungsi untuk membagi tegangan yang di keluarkan arduino karena IC pada sensor hanya membutuhkan 3.3v sedangkan power sensor 5v sehingga sensor Max30100 dapat bekerja dengan baik. Skematik antara logical converter dan sensor dapat dilihat pada gambar 5.3 .
2. Arduino uno akan membaca sensor max30100 yang kemudian akan diolah dengan menggunakan logika *fuzzy* .

5.1.1.2 Perancangan Subsistem Bluetooth Hc-05



Gambar 5.4 Skematik Bluetooth Hc-05

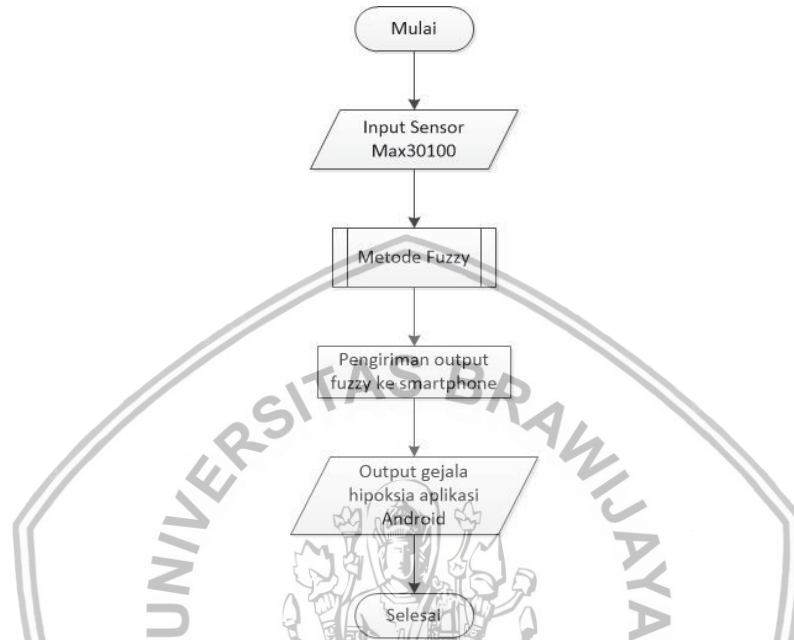
Penjelasan dari gambar 5.4 yang merupakan gambar skematik dari diagram subsistem dari Bluetooth hc-05:

1. Bluetooth membutuhkan tegangan sebesar 3,3v yang dikeluarkan oleh arduino yang di suplai oleh baterai.
2. Sebelum Bluetooth digunakan harus di konfigurasi sesuai kebutuhan. Yaitu nama, password, dan UART Bluetooth.
3. Bluetooth di sini berfungsi mengirimkan data sensor Max30100 yang telah diolah menggunakan metode *fuzzy* pada arduino dan dikirimkan ke aplikasi android.

5.1.2 Perancangan Perangkat Lunak

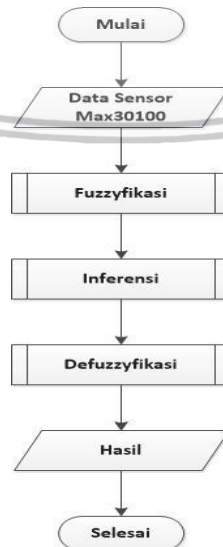
Perancangan pada perangkat lunak meliputi pembacaan sensor Max30100 oleh mikrokontroller Arduino Uno kemudian data sensor tersebut diproses menggunakan metode *fuzzy* sugeno. Adapun perancangan perangkat lunak

digambarkan pada Gambar 5.5. Tahapan-tahapan *fuzzy* sugeno dimulai dari membuat variable input, menentukan fungsi keanggotaan input dan membuat rule *fuzzy*. Hasil dari perhitungan *fuzzy* selanjutnya untuk menentukan output yang akan dikirimkan oleh bluetooth supaya dapat ditampilkan di aplikasi android untuk mengetahui output berupa gejala awal hipoksia. Adapun flowchart *fuzzy* digambarkan pada Gambar 5.6.



Gambar 5.5 Flowchart Utama Perancangan Perangkat Lunak

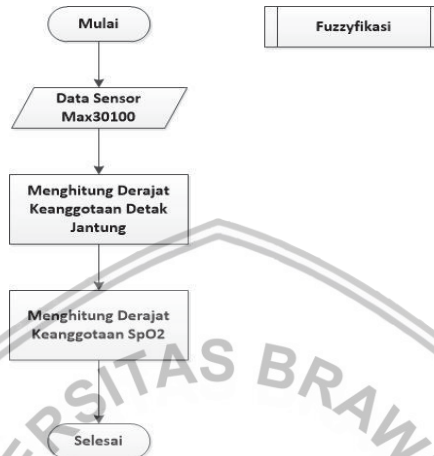
Metode *fuzzy* akan mengolah data yang diperoleh dari sensor Max30100 yaitu berupa detak jantung dan Spo2. Setelah detak jantung dan Spo2 diperoleh *fuzzy* akan mengolah data sesuai urutan. Setelah proses defuzzyfikasi selesai maka akan keluar output berupa rule yang mengklasifikasikan hipoksia.



Gambar 5.6 Flowchart Fuzzy

5.1.2.1 Fuzzyfikasi

Dalam perancangan logika *fuzzy*, langkah pertama yang dilakukan adalah proses fuzzyfikasi yaitu proses pengubahan nilai tegas (*Crisp*) dalam fungsi keanggotaan *fuzzy* untuk menentukan derajat keanggotaan variabel input *fuzzy* yaitu Detak jantung dan saturasi oksigen (Spo2). Proses fuzzyfikasi digambarkan pada diagram flow pada Gambar 5.7.



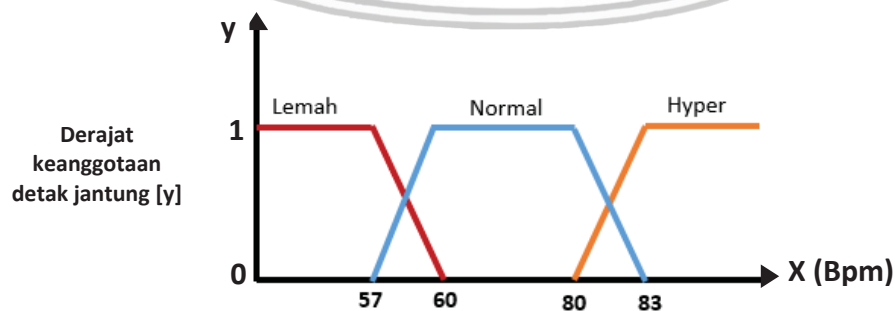
Gambar 5.7 Diagram Flow Fuzzyfikasi

Gambar 5.7 merupakan gambar diagram alir dari defuzzyfikasi dimulai dari menerima input dari sensor, yang diambil dari sensor tersebut ada dua data yaitu data detak jantung Bpm dan SpO2. Kemudian data tersebut akan digunakan untuk menghitung derajat keanggotaan detak jantung dan SpO2. Sehingga akan diperoleh derajat keanggotaan dari detak jantung dan SpO2.

Berikut ini merupakan perhitungan derajat keanggotaan dari akuisisi data sensor yang berupa detak jantung dan SpO2.

a. Detak jantung

Fungsi keanggotaan detak jantung ditunjukkan pada gambar 5.8



Gambar 5.8 Fungsi Keanggotaan Detak Jantung

Gambar 5.8 merupakan fungsi keanggotaan sensor MAX30100. Terdapat tiga derajat keanggotaan detak jantung, lemah yaitu kurang dari 60 bpm, normal

yaitu antara 60 bpm hingga 80 bpm dan hyper yaitu diatas 80 bpm. Dari gambar 5.8 dapat dimasukkan ke dalam untuk mencari derajat keanggotaan representase kurva trapezium sehingga didapatkan perhitungan sebagai berikut:

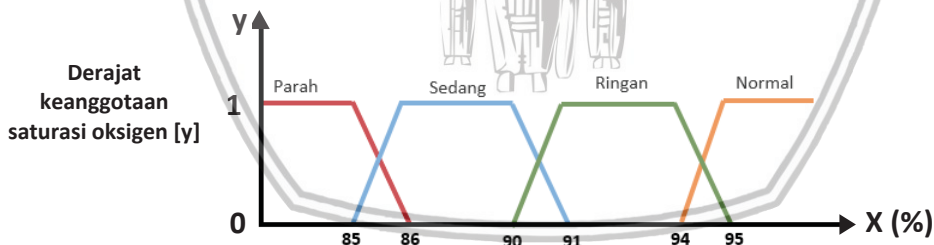
$$\begin{aligned} \text{Lemah (x)} : & \quad 0 & : x > 60 \\ & \quad \frac{60-x}{60-57} & : 57 < x \leq 60 \\ & \quad 1 & : x < 57 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Normal (x)} : & \quad 0 & : x \leq 57 \text{ atau } x \geq 103 \\ & \quad \frac{x-57}{60-57} & : 57 < x \leq 60 \\ & \quad \frac{83-x}{83-80} & : 80 < x \leq 83 \\ & \quad 1 & : 60 < x \leq 80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hyper (x)} : & \quad 0 & : x > 80 \\ & \quad \frac{x-80}{83-80} & : 80 < x \leq 83 \\ & \quad 1 & : x > 83 \end{aligned}$$

b. Saturasi oksigen (SpO2)

Fungsi keanggotaan detak jantung ditunjukkan pada gambar 5.10



Gambar 5.9 Fungsi Keanggotaan SpO2

Gambar 5.11 merupakan fungsi keanggotaan sensor MAX30100. Terdapat empat derajat keanggotaan saturasi oksigen, parah yaitu kurang dari 85 %, sedang yaitu antara 86 % hingga 90 %, ringan yaitu 91 % sampai dengan 94% dan normal yaitu diatas 95 %. Dari gambar 5.9 dapat dimasukkan ke dalam untuk mencari derajat keanggotaan representase kurva trapezium sehingga didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Parah (x)} : & \quad 0 & : x > 86 \\ & \quad \frac{86-x}{86-85} & : 57 < x \leq 86 \end{aligned}$$

$$1 : x < 85$$

Sedang (x) : $0 : x \leq 85$

$$\frac{x-85}{85-86} : 85 < x \leq 86$$

$$\frac{91-x}{91-90} : 90 < x \leq 91$$

$$1 : 86 < x \leq 90$$

Ringan (x) : $0 : x < 90$

$$\frac{x-90}{91-90} : 90 < x \leq 91$$

$$\frac{95-x}{95-94} : 94 < x \leq 95$$

$$1 : 91 < x \leq 94$$

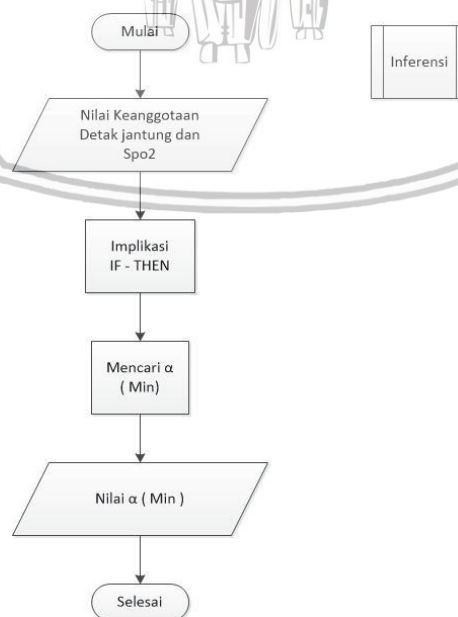
Normalr (x) : $0 : x > 94$

$$\frac{x-94}{95-94} : 94 < x \leq 95$$

$$1 : x > 95$$

5.1.2.2 Inferensi

Setelah proses fuzzyfikasi dilakukan, maka selanjutnya yakni inferensi. Proses inferensi digambarkan dengan diagram alir seperti pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Diagram Alir Inferensi

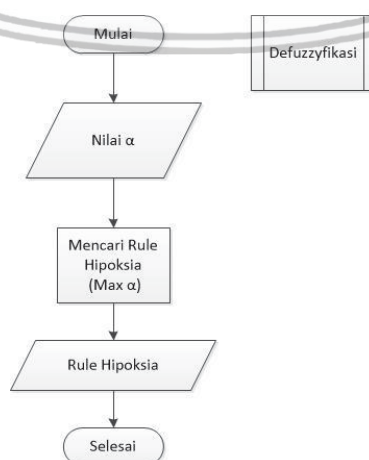
Diagram alir inferensi diatas digambarkan mulai dari data hasil fuzzifikasi berupa derajat keanggotaan dari data sensor berupa detak jantung dan SpO2. Dari data keanggotaan tersebut dibandingkan antara semua derajat keanggotaan dan dicari nilai minimumnya. Adapun terdapat *rule* hipoksia yang bisa dilihat pada Tabel 5.1 .

Tabel 5.1 Rule Fuzzy Deteksi Hipoksia

Rules	Input Sensor Max30100		Output
	Detak jantung	SpO2	
Rule 1	Lemah	Parah	Hipoksia parah
Rules2	Lemah	Sedang	Hipoksia sedang
Rule 3	Lemah	Ringan	Hipoksia ringan
Rule 4	Lemah	Normal	Tidak hipoksia
Rule 5	Normal	Parah	Hipoksia parah
Rule 6	Normal	Sedang	Hipoksia sedang
Rule 7	Normal	Ringan	Hipoksia ringan
Rule 8	Normal	Normal	Tidak hipoksia
Rule 9	Hyper	Parah	Hipoksia parah
Rule10	Hyper	Sedang	Hipoksia sedang
Rules11	Hyper	Ringan	Hipoksia ringan
Rule 12	Hyper	Normal	Tidak hipoksia

5.1.2.3 Defuzzyfikasi

Setelah proses inferensi selesai, maka proses selanjutnya adalah defuzzyfikasi yang digambarkan dengan diagram alir pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Diagram Alir Defuzzyfikasi

Proses defuzzyfikasi merupakan salah satu proses pemetaan himpunan *fuzzy* ke dalam himpunan tegas (crisp) dengan cara mencari nilai maksimum. Setelah mendapatkan nilai α dari metode MIN-MAX maka defuzzyfikasi berguna untuk mencari nilai α (MAX) yang nantinya akan dipilih menjadi rule gejala hipoksia.

5.2 Implementasi Sistem

Setelah melalui tahap perancangan sistem. Maka selanjutnya adalah implementasi sistem sesuai hasil perancangan. Implementasi sistem yang dilakukan adalah implementasi perangkat keras dan implementasi perangkat lunak.

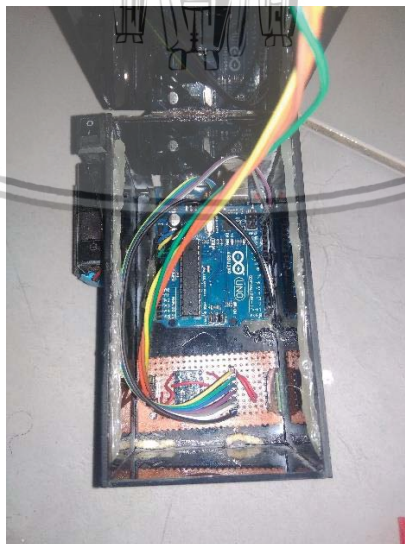
5.2.1 Batasan Implementasi

Batasan-batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Alat panjang x lebar x tinggi tidak lebih dari 12cm x 7 cm x 7cm.
2. Bahan yang digunakan akrilik dengan ketebalan 2mm.
3. Pengolahan menggunakan metode *fuzzy* dan dikomputasi di Arduino.
4. Menggunakan Bluetooth mengirimkan data output ke aplikasi android.
5. Aplikasi android dibuat menggunakan MIT app Inventor.

5.2.2 Implementasi Perangkat Keras

Pada implementasi perangkat keras dilakukan pemasangan komponen - komponen perangkat pada alat deteksi hipoksia yang dapat dilihat pada gambar 5.12 dan 5.13.



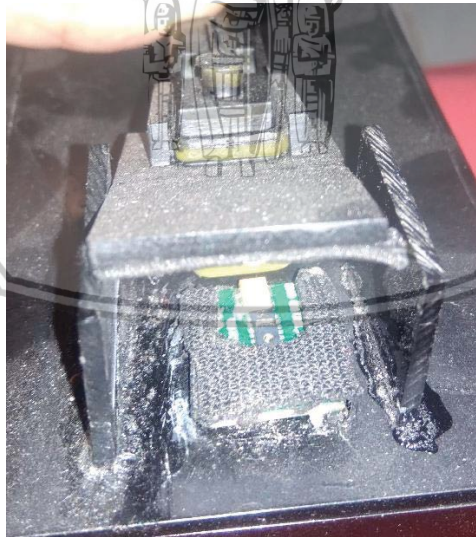
Gambar 5.12 Penempatan Komponen pada alat



Gambar 5.13 Alat Tampak Depan

5.2.2.1 Implementasi Sensor MAX30100

Pada implementasi sensor Max30100 dilakukan implementasi sesuai dengan perancangan subsistem sensor Max30100. Di samping sensor terdapat 2 akrilik yang berfungsi untuk menahan cahaya dari luar supaya data sensor lebih stabil. Hasil implementasi dapat dilihat pada Gambar 5.14



Gambar 5.14 Sensor Tampak Depan

5.2.2.2 Implementasi Bluetooth

Pada implementasi Bluetooth dilakukan implementasi sesuai dengan perancangan subsistem Bluetooth. Bluetooth digunakan untuk mengirimkan data

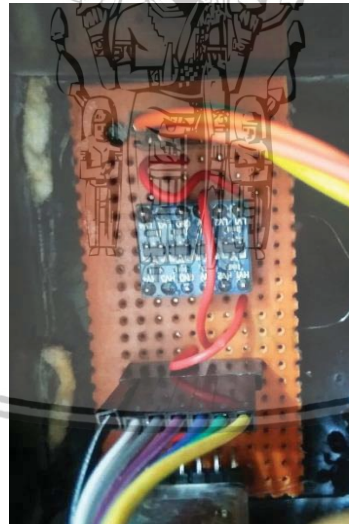
sensor yang sudah diolah *fuzzy* ke android . Hasil implementasi dapat dilihat pada Gambar 5.15.



Gambar 5.15 Bluetooth Tampak Atas

5.2.2.3 Implementasi Level Converter

Pada implementasi level converter dilakukan implementasi sesuai dengan perancangan subsistem Level converter pada sensor . Level converter digunakan untuk menurunkan tegangan. Hasil implementasi dapat dilihat pada Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Implementasi Level Converter

5.2.3 Implementasi Perangkat Lunak

Pada implementasi perangkat lunak dilakukan implementasi yaitu beberapa bagian dari perhitungan *fuzzy* , kode program sensor MAX30100 dan kode program pada aplikasi android. Dalam pemrograman arduino dibutuhkan deklarasi variabel dan include library yang dibutuhkan pada program. Kode program deklarasi variabel dan program main adalah seperti pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Program Main Sistem

Nomor	Kode program
1	#include "MAX30100_PulseOximeter.h"
2	#include <Wire.h>
3	#include <Array.h>
4	#define REPORTING_PERIOD_MS 500
5	PulseOximeter pox;
6	
7	//--variable keanggotaan input
8	float sd[3]; //jANTUNG
9	float smd[4]; //spO2
10	//-----
11	//-----
12	float rules[12];
13	float defu_final;
14	
15	const int numReadings = 10;
16	float filterweight = 0.5;
17	uint32_t tsLastReport = 0;
18	uint32_t last_beat = 0;
19	int readIndex = 0;
20	int average_beat = 0;
21	int average_SpO2 = 0;
22	int ulang = 0;
23	bool calculation_complete = false;
24	bool calculating = false;
25	bool initialized = false;
26	byte beat = 0;
27	int hasiljantung=0;
28	int hasilspo2=0;
29	
30	void onBeatDetected()
31	{
32	// show_beat();
33	last_beat = millis();
34	}
35	


```

36 void display_calculating(int j)
37 {
38   if (not calculating) {
39     calculating = true;
40     initialized = false;
41   }
42 }
44 void display_values()
45 {
46   Serial.print("Detak Jantung = ");
47   Serial.print(average_beat );
48   Serial.println(" Bpm");
49   Serial.print("SpO2 = ");
50   Serial.print(average_SpO2 );
51   Serial.println("%");
52   Serial.println("");
53   //-----fuzzy fikasia-----
54   keanggotaan_jantung(average_beat);
55   keanggotaan_SpO2(average_SpO2);
56   //-----inferensi-----
57   infer(); //rule fuzzy
58   defuzzy fikasi(); //fungsi defuzzy fikasi
59   //
60   ulang = 1;
61   if (ulang == 1 ) {
62
63     calculation_complete = false;
64     average_beat = 0;
65     average_SpO2 = 0;
66     initial_display();
67     ulang = 0;
68   }
69
70   if (defu_final == rules[0]) {
71     Serial.println("Rules 0 = Hipoksia parah ");
72   } else if (defu_final == rules[1]) {
73     Serial.println("Rules 1= Hipoksia sedang ");

```

```

74 } else if (defu_final == rules[2]) {
75   Serial.println("Rules 2 = Hipoksia ringan");
76 } else if (defu_final == rules[3]) {
77   Serial.println("Rules 3 = Tidak Hipoksia");
78 } else if (defu_final == rules[4]) {
79   Serial.println("Rules 4= Hipoxemia parah ");
80 } else if (defu_final == rules[5]) {
81   Serial.println("Rules 5 = Hipoxemia sedang ");
82 } else if (defu_final == rules[6]) {
83   Serial.println("Rules 6 = Hipoxemia ringan ");
84 } else if (defu_final == rules[7]) {
85   Serial.println("Rules 7 = Tidak hipoksia");
86 } else if (defu_final == rules[8]) {
87   Serial.println("Rules 8 = Hipoksia Parah");
88 } else if (defu_final == rules[9]) {
89   Serial.println("Rules 9 = Hipokisa Sedang");
90 } else if (defu_final == rules[10]) {
91   Serial.println("Rules 10 = Hipoksia Ringan");
92 } else if (defu_final == rules[11]) {
93   Serial.println("Rules 11 = Tidak hipoksia");
94 }
95 Serial.println("=====");
96 Serial.println("");
97 }
98
99 void initial_display()
100 {
101   if (not initialized)
102   {
103     //Serial.println("Place finger on the sensor");
104     initialized = true;
105   }
106 }
107
108 void calculate_average(int beat, int SpO2)
109 {
110   if (readIndex == numReadings) {

```

```

111 calculation_complete = true;
112 calculating = false;
113 initialized = false;
114 readIndex = 0;
115 display_values();
116 }
117
118 if (not calculation_complete and beat > 30 and beat<220
119 and SpO2>50 and SpO2<101) {
120 average_beat = filterweight * (beat) + (1 - filterweight
121 ) * average_beat;
122 average_SpO2 = filterweight * (SpO2) + (1 - filterweight
123 ) * average_SpO2;
124 readIndex++;
125 display_calculating(readIndex);
126 }
127
128 void setup()
129 {
130 Serial.begin(115200);
131 pox.begin();
132 pox.setOnBeatDetectedCallback(onBeatDetected);
133 initial_display();
134 }
135
136 void loop()
137 {
138 // Make sure to call update as fast as possible
139 pox.update();
140 if ((millis() - tsLastReport > REPORTING_PERIOD_MS) and
141 (not calculation_complete)) {
142 calculate_average(pox.getHeartRate(), pox.getSpO2());
143 tsLastReport = millis();
144 }

```

Pada nomor 1 – 4 adalah deklarasi untuk memanggil library dari sensor Max30100. Nomor n 7 – 13 deklarasi perhitungan fuzzy pada sistem. Pada nomor 15 – 18 deklarasi variabel untuk sensor Max30100 untuk mengakuisisi sensor.

Pada nomor 30 – 40 jika jari terdeteksi atau benda lain tertempel pada sensor maka sensor akan mulai bekerja. Pada nomor 44 – 52 kode program ini berfungsi untuk menampilkan data yang didapat dari sensor Max30100. Nomor 53 – 58 bermaksud mengolah data sensor menggunakan *fuzzy* melalui proses fuzzyfikasasi, inferensi dan defuzzyfikasi. Nomor 59 – 58 berguna untuk mengulang proses pengambilan data. Nomor 70 – 96 adalah menampilkan output setelah data sudah diproses dari fuzzy yang berupa rule 0 – 11. Nomor 118 – 123 berfungsi untuk mendapatkan rata – rata 10 data sensor supaya data lebih akurat. Nomor 129- 143 berfungsi untuk setingan baud rate dari sensor Max30100 supaya mengirimkan data dengan tepat

Terdapat output sesuai dengan perancangan sistem yang telah dilakukan yaitu output program yang dikirimkan ke android yang berupa rule yang sudah di hitung dengan *fuzzy*.

Tabel 5.3 Kode Program Output Rule *fuzzy*

Nomor	Kode program
1	<code>calculation_complete = false;</code>
2	<code>average_beat = 0;</code>
2	<code>average_SpO2 = 0;</code>
3	<code>initial_display();</code>
5	<code>ulang = 0;</code>
6	<code>}</code>
7	<code>if (defu_final == rules[0]) {</code>
8	<code>Serial.println("Rules 0 = Hipoksia parah ");</code>
9	<code>} else if (defu_final == rules[1]) {</code>
10	<code>Serial.println("Rules 1= Hipoksia sedang ");</code>
11	<code>} else if (defu_final == rules[2]) {</code>
12	<code>Serial.println("Rules 2 = Hipoksia ringan");</code>
13	<code>} else if (defu_final == rules[3]) {</code>
14	<code>Serial.println("Rules 3 = Tidak Hipoksia");</code>
15	<code>} else if (defu_final == rules[4]) {</code>
16	<code>Serial.println("Rules 4= Hipoxemia parah ");</code>
17	<code>} else if (defu_final == rules[5]) {</code>
18	<code>Serial.println("Rules 5 = Hipoxemia sedang ");</code>
19	<code>} else if (defu_final == rules[6]) {</code>
20	<code>Serial.println("Rules 6 = Hipoxemia ringan ");</code>
21	<code>} else if (defu_final == rules[7]) {</code>
22	<code>Serial.println("Rules 7 = Tidak hipoksia");</code>
23	<code>} else if (defu_final == rules[8]) {</code>

24	Serial.println("Rules 8 = Hipoksia Parah");
25	} else if (defu_final == rules[9]) {
26	Serial.println("Rules 9 = Hipokisa Sedang");
27	} else if (defu_final == rules[10]) {
28	Serial.println("Rules 10 = Hipoksia Ringan");
29	} else if (defu_final == rules[11]) {
30	Serial.println("Rules 11 = Tidak hipoksia");
31	}
32	Serial.println("=====");
33	Serial.println("");
34	}

Pada tabel 5.3 adalah kode program output an rule – rule yang ada dalam perhitungan *fuzzy*. Dapat dilihat pada nomor 7 – 31 kode program akan menampilkan klasifikasi hipoksia dari data yang sudah diambil dengan sensor Max30100 dan diolah menggunakan perhitungan *fuzzy*.

5.2.3.1 Fuzzifikasi

Implementasi fuzzifikasi dilakukan berdasarkan hasil perancangan fuzzifikasi. Kode program untuk fuzzifikasi berupa keanggotaan detak jantung dan SpO2 yang didapat dari sensor dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Kode Program Fuzzifikasi

Nomor	Kode program
1	float keanggotaan_jantung(float x) {
2	Serial.print("x Detak Jantung = ");
3	Serial.println(x);
4	//lemah
5	if (x <= 57) {
6	sd[0] = 1;
7	} else if (x > 57 && x <= 60) {
8	sd[0] = ((60 - x) / (60 - 57));
9	} else if (x > 60) {
10	sd[0] = 0;
11	}
12	//normal
13	if (x <= 57) {
14	sd[1] = 0;


```
15     } else if (x > 57 && x <= 60) {
16         sd[1] = ((x - 57) / (60 - 57));
17     } else if (x > 60 && x <= 80) {
18         sd[1] = 1;
19     } else if (x > 80 && x <= 83) {
20         sd[1] = ((83 - x) / (83 - 80));
21     } else if (x >= 83) {
22         sd[1] = 0;
23     }
24     //hyper
25     if (x <= 80) {
26         sd[2] = 0;
27     } else if (x > 80 && x <= 83) {
28         sd[2] = ((x - 80) / (83 - 80));
29     } else if (x > 83) {
30         sd[2] = 1;
31     }
32 }
33
34 float keanggotaan_SpO2(Float x) {
35     Serial.print("x SpO2 = ");
36     Serial.println(x);
37     //parah
38     if (x <= 85) {
39         smd[0] = 1;
40     } else if (x > 85 && x <= 86) {
41         smd[0] = ((86 - x) / (86 - 85));
42     } else if (x > 86) {
43         smd[0] = 0;
44     }
45 }
46 //sedang
47 if (x <= 85) {
48     smd[1] = 0;
49 } else if (x > 85 && x <= 86) {
50     smd[1] = ((x - 85) / (86 - 85));
51 } else if (x > 86 && x <= 90) {
52     smd[1] = 1;
```

```

53     } else if (x > 90 && x <= 91) {
54         smd[1] = ((91 - x) / (91 - 90));
55     } else if (x >= 91) {
56         smd[1] = 0;
57     }
58     //ringan
59     if (x <= 90) {
60         smd[2] = 0;
61     } else if (x > 90 && x <= 91) {
62         smd[2] = ((x - 90) / (91 - 90));
63     } else if ((x > 91) && (x <= 94)) {
64         smd[2] = 1;
65     } else if (x > 94 && x <= 95) {
66         smd[2] = ((95 - x) / (95 - 94));
67     } else if (x >= 95) {
68         smd[2] = 0;
69     }
70     //normal
71     if (x <= 94) {
72         smd[3] = 0;
73     } else if (x < 94 && x <= 95) {
74         smd[3] = ((x - 94) / (95 - 94));
75     } else if (x >= 95) {
76         smd[3] = 1;
77     }
78
79 }

```

Pada tabel 5.4 terdapat keanggotaan detak jantung dan 4 keanggotaan SpO2. Kode program nomor 5 – 10 merupakan kode program untuk fungsi keanggotaan jantung pada kondisi lemah yaitu kurang dari sama dengan 57. Kode program nomor 13 – 22 merupakan kode program untuk fungsi keanggotaan jantung pada kondisi normal dengan rentang 57 – 83 Bpm. Kode program nomor 25 – 30 merupakan kode program untuk fungsi keanggotaan jantung pada kondisi normal hyper diatas 85 Bpm. Untuk keanggotaan SpO2 dapat dilihat pada nomor 34 – 36. Pada nomor 37 – 45 berfungsi untuk perhitungan SpO2 dalam keadaan parah yaitu dengan nilai dibawah 85 . Pada nomor 47 – 56 berfungsi untuk perhitungan SpO2 dalam keadaan sedang dengan nilai diatas 85 dibawah 90. Pada

nomor 59 – 68 berfungsi untuk perhitungan SpO2 dalam keadaan ringan dengan nilai diatas 91 dibawah 94. Pada nomor 71 – 76 berfungsi untuk perhitungan SpO2 dalam keadaan normal dengan nilai diatas 95.

5.2.3.2 Inferensi

Implementasi inferensi dilakukan berdasarkan hasil perancangan inferensi. Kode program untuk inferensi adalah pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Kode Program Inferensi

Nomor	Kode program
1	<code>void infer() {</code>
2	<code>int h = 0;</code>
2	<code>for (int i = 0; i < 3; i++) {</code>
3	<code>sd[i];</code>
5	<code>for (int k = 0; k < 4; k++) {</code>
6	<code>smd[k];</code>
7	<code>rules[h] = min(sd[i], smd[k]);</code>
8	<code>h += 1;</code>
9	<code>}</code>
10	<code>}</code>
11	<code>}</code>

Pada kode program diatas no mor 1 – 8 berfungsi untuk melakukan perulangan yang dimana berguna untuk menentukan min dan max dari perhitungan detak jantung dan SpO2 yang sudah melalui proses fuzzyfikasi.

5.2.3.3 Defuzzifikasi

Implementasi defuzzifikasi dilakukan berdasarkan hasil perancangan defuzzifikasi yang merupakan output dari *fuzzy* . Kode program defuzzifikasi dapat dilihat pada Table 5.6.

Tabel 5.6 Kode Program Defuzzifikasi

Nomor	Kode program
1	<code>void defuzzy fikasi() {</code>
2	<code>const byte size = 12;</code>
3	<code>float rawArray[size] = {rules[0], rules[1], rules[2],</code>
4	<code>rules[3], rules[4], rules[5],</code>
5	<code>rules[6], rules[7], rules[8],</code>
6	<code>rules[9], rules[10], rules[11],</code>
7	<code>};</code>

```

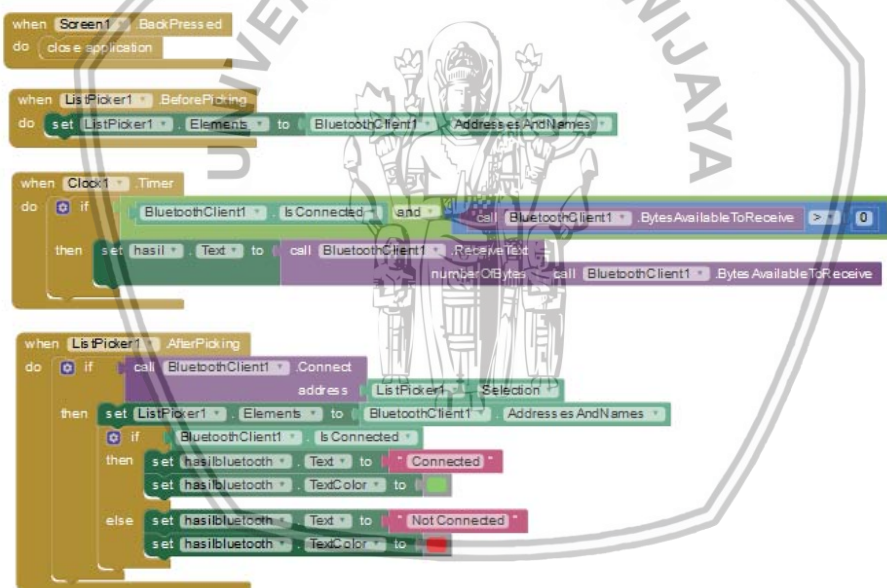
8      Array<float> array = Array<float>(rawArray, size);
9
10     //  for (byte i = 0; i < array.size(); i++) {
11     //
12     //  }
13     defu_final = array.getMax();}

```

Kode program nomor 1 – 13 membuat 12 array yang berisi rule - rule hipoksia yang dimana rule tersebut di peroleh dari nilai yang sudah dihitung pada proses inferensi di tabel 5.5.

5.2.3.4 Kode Blok Program Aplikasi

Kode program aplikasi menggunakan MIT app inventor. Dengan kode program ini aplikasi dapat menerima output dari arduino menggunakan bantuan Bluetooth sehingga dapat menampilkan output dari arduino yang sudah melalui pemrosesan *fuzzy*



Gambar 5.17 Kode Blok Program Aplikasi

Pada gambar diatas terdapat 4 susunan blok dari atas ke bawah. Pada blok pertama bertujuan jika aplikasi ditekan tombol *back* maka aplikasi akan tertutup. Kode blok ke 2 berfungsi ketikan memencet tombol connect maka akan muncul list Bluetooth yang siap disambungkan. Kode blok 3 berfungsi untuk pengiriman data alat ke smartphone. Kode blok no 4 berfungsi memberi tanda ketika Bluetooth terhubung maka akan menampilkan connected dan ketika Bluetooth tidak bisa tersambung maka akan terdapat tulisan *not connected*.

BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini dilakukan pengujian sistem serta analisis hasil pengujian. Tujuan dari pengujian adalah untuk mengetahui hasil implementasi sistem sudah sesuai dengan yang diharapkan atau belum. Ada beberapa pengujian yang dilakukan, yaitu pengujian fungsional sistem, pengujian akurasi sensor dan pengujian pengujian metode *fuzzy*. Pengujian fungsional sistem bertujuan untuk mengetahui kinerja fungsi-fungsi utama sistem. Pengujian ini terdiri dari pengujian pembacaan nilai sensor, pengujian pengiriman data sensor dan pengujian metode *fuzzy*. Kemudian hasil dan analisis hasil pengujian juga ditampilkan pada bab ini. Berikut dijelaskan skenario dan hasil pengujian pada masing-masing subbab.

6.1 Pengujian Fungsional Sensor Max30100 (RCWL-0530)

Sensor Max30100 tipe RCWL – 0530 ini mempunyai dapat dinyalakan pada power supreme 1.8V dan 3.3V supaya dapat mengambil data. Pengujian ini untuk memastikan apakah sensor dapat berfungsi dengan benar dan dapat mengakuisisi data.

6.1.1 Tujuan pengujian

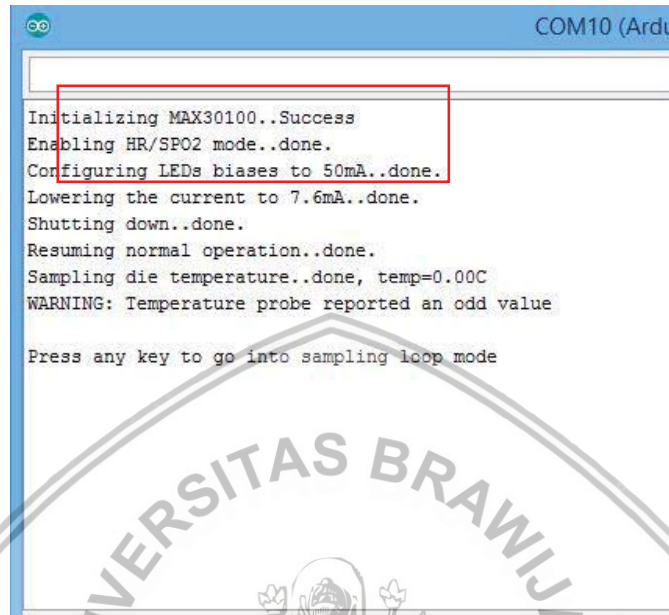
Tujuan pengujian sensor Max30100 adalah untuk mengetahui sensor bisa dipakai apa tidak. Untuk menyalakan inframerah harus mempunyai tegangan yang cukup supaya sensor dapat mengeluarkan data karena ada kemungkinan walaupun sensor menyala tetapi tidak dapat mengakuisisi data.

6.1.2 Prosedur pengujian

Berikut prosedur yang dilakukan untuk melakukan pengujian pembacaan nilai sensor MAX30100 tipe RCWL – 0530.

1. Sensor tersambung dengan Benar sesuai skematik pada Gambar 5.4
2. Sambungkan arduino dengan pc dan buka IDE Arduno
3. Buka *Libraries* Max30100 Lalu cari code program Tester.ino
4. Upload kode ke arduino lalu *run*.
5. Letakkan jari diatas sensor yang menyala.
6. Lihat pada serial monitor untuk mengetahui hasil sensor.

6.1.3 Hasil dan Analisis



```

COM10 (Ardu
Initializing MAX30100..Success
Enabling HR/SPO2 mode..done.
Configuring LEDs biases to 50mA..done.
Lowering the current to 7.6mA..done.
Shutting down..done.
Resuming normal operation..done.
Sampling die temperature..done, temp=0.00C
WARNING: Temperature probe reported an odd value
Press any key to go into sampling loop mode
  
```

Gambar 6.1 Hasil Tester Max30100

Gambar 6.1 merupakan output dari program tester max30100 jika komponen sudah terpasang sesuai skematik pada Gambar 5.4 . Di dalam kotak hijau menandakan indikator bahwa max30100 sudah bisa digunakan dan dapat mengeluarkan output detak jantung dan Spo2 . Jika output dari tester.ino tidak seperti gambar diatas maka ada kesalahan dalam pemasangan sensor.

6.2 Pengujian Output Sensor

Sensor Max30100 merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi detak jantung dan saturasi oksigen (SpO2) dengan menggunakan inframerah. Sensor ini hanya mengeluarkan yang output digital. Untuk pengujian sensor ada 2 yaitu menguji sensor dengan detak nadi manual dan SpO2 Menggunakan alat *Pulse Oximetry* yang dipakai di rumah sakit .

6.2.1 Tujuan pengujian

Pengujian pembacaan nilai sensor Max30100 adalah untuk mengetahui apakah sensor tersebut bisa membaca data dan apakah akurasi data sensor Max30100 sudah bagus atau belum, hasil data sensor yang diuji yaitu detak jantung dan SpO2 . sehingga data dapat diolah dengan metode yang sudah digunakan.

6.2.2 Prosedur pengujian

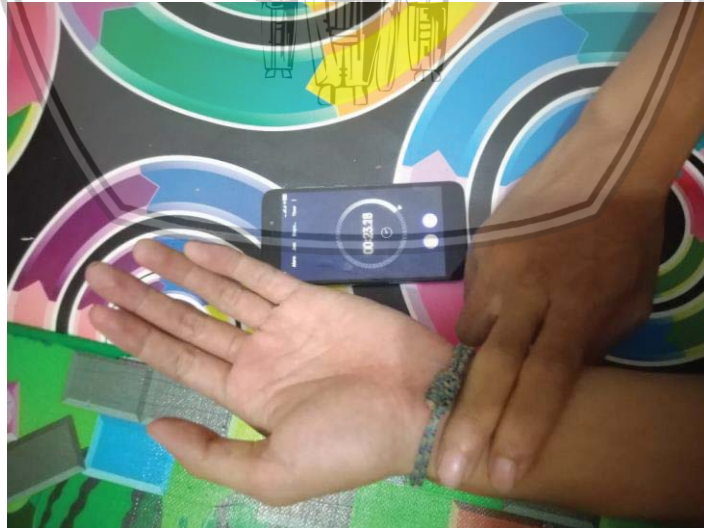
Dalam sensor MAX30100 dapat mengeluarkan 2 output yaitu Detak jantung dan SpO2 . Berikut prosedur yang dilakukan untuk melakukan pengujian pembacaan nilai sensor MAX30100.

1. Nyalakan saklar pada samping alat.
2. Jari telunjuk dimasukan pada jepitan alat tepat diatas sensor Max30100.
3. Menyalakan Bluetooth terlebih sebelum masuk menuju aplikasi.
4. Klik tombol pilih Bluetooth dan sambungkan ke alat. Jika Bluetooth tersambung maka ada tulisan connect.
5. Beberapa detik sampai data awal muncul. Jari telunjuk harus tetap pada jepitan minimal 1 – 3 menit.
6. Mengamati data yang muncul pada android dengan data banding. Data banding untuk detak jantung diukur dengan detak nadi di pergelangan tangan yang di hitung manual.
7. Data banding untuk detak jantung diukur dengan detak nadi di pergelangan tangan yang di hitung manual. Sedangkan data banding untuk SpO2 diukur dengan *pulse* yang ada di rumah sakit.

6.2.3 Hasil dan Analisis Pengujian

Berikut adalah hasil pengujian data sensor yang telah dibandingkan dengan detak nadi manual dan dibandingkan dengan rumah sakit :

a. Pengujian data Detak Jantung



Gambar 6.2 Pengukuran Manual Detak Nadi



Gambar 6.3 Output Detak Jantung Max30100

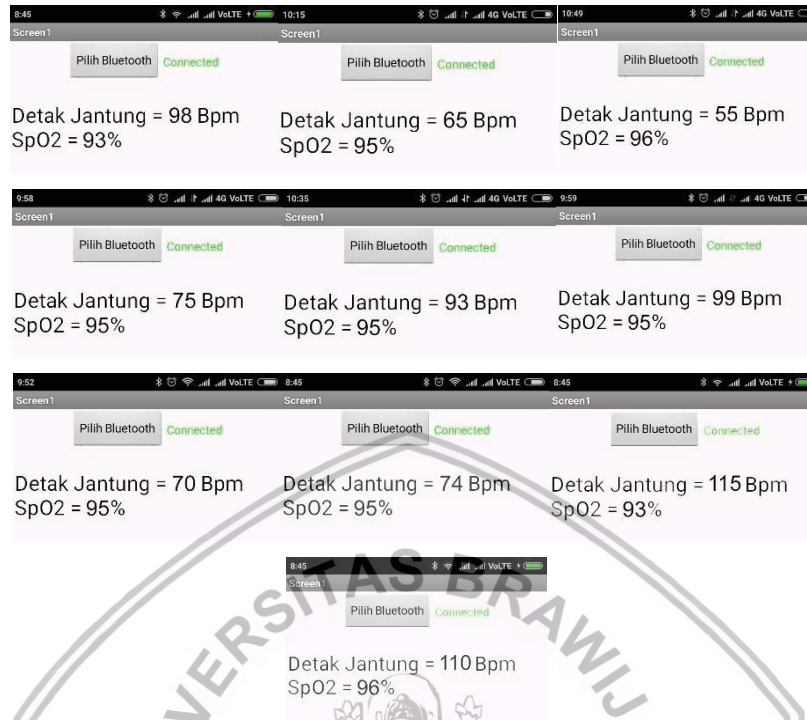
Data output dari sensor yang ada pada gambar akan dibandingkan dengan detak nadi manual yang dihitung per menit. Hasil error dapat dilihat pada tabel 6.1.

Tabel 6.1 Hasil Pengujian Data Detak Jantung

Detak nadi	Max30100	Selisih Error	% Error
83 Bpm	86 Bpm	2	2.41%
85 Bpm	82 Bpm	3	3.53%
79 Bpm	77 Bpm	2	2.53%
84 Bpm	79 Bpm	5	5.95%
85 Bpm	86 Bpm	1	1.18%
89 Bpm	91 Bpm	2	2.2%
102 Bpm	104 Bpm	2	1.96%
105 Bpm	102 Bpm	3	2.86%
103 Bpm	101 Bpm	2	1.94%
99 Bpm	103 Bpm	4	4.04%
Rata - Rata %Error		2.6	2.86%

Pada Gambar 6.3 dan tabel 6.1 diketahui bahwa data alat yang dibandingkan dengan pengukuran manual mempunyai rata - rata selisih error 2.6 dana presentasi error 2.86 % membuktikan bahwa sensor mempunyai akurasi yang cukup bagus untuk melakukan pengambilan data .

b. Pengujian data Saturasi Oksigen (SpO2)



Gambar 6.4 Output SpO2 Max30100

Gambar diatas merupakan output data dari sensor Max30100 yang diambil dari pasien yang berada di ICU Rumah Sakit Lavallette Malang. Data tersebut akan dibandingkan dengan Pulse oxymetri yang digunakan pada Rumah Sakit Lavallette. Data perbandingan data dapat dilihat pada tabel 6.2.



Gambar 6.5 Pengambilan Data Di Lavallette

Setelah pengambilan data pasien di Rumah Sakit lavallete maka hasil dari kedua output akan dibandingkan. Perbandingan output akan memperlihatkan

berapa presentase error alat yang saya buat dengan pulse oximetry yang ada pada pasien. Hasil dari pengujian data dapat dilihat pada tabel.

Tabel 6.2 Hasil Pengujian Data SpO2

Pulse Oxymetry	Max30100	Selisih Error	% Error
91 %	93 %	2	2.20%
96 %	95 %	1	1.04%
100 %	96 %	4	4.00%
100 %	95 %	5	5.00%
99 %	95 %	4	4.04%
98 %	95 %	3	3.1%
98 %	95 %	3	3.06%
97 %	95 %	2	2.06%
92 %	93 %	1	1.09%
100 %	96 %	4	4.00%
Rata - Rata %Error		2.9	2.96%

Pada tabel 6.2 dapat dilihat perbedaan data SpO2 yang dihasilkan alat yang dibandingkan dengan pulse oximetry mempunyai selisih rata-rata 2.9 dan mempunyai tingkat error 2.96%. Untuk hasil Output SpO2 ini paling tinggi pada sensor max30100 yaitu hanya mampu mendeteksi 96% kadar saturasi oksigennya, Karena semakin bagus sensor yang dipakai maka saturasi oksigen yang deteksi akan sampai 100% dalam keadaan normal.

6.3 Pengujian Jarak Bluetooth HC-05

Pada bagian ini dilakukan pengujian Bluetooth yang ada pada alat pendeteksi gejala hipoksia ini. Bluetooth ini berfungsi mengirimkan data ke smartphone untuk menampilkan output *fuzzy* dan sensor.

6.3.1 Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian ini untuk mengetahui seberapa jauh Bluetooth dapat mengirimkan data. Mengetahui batas Bluetooth hc-05 sehingga mendapatkan jarak maksimal untuk memantau pada smartphone.

6.3.2 Prosedur Pengujian

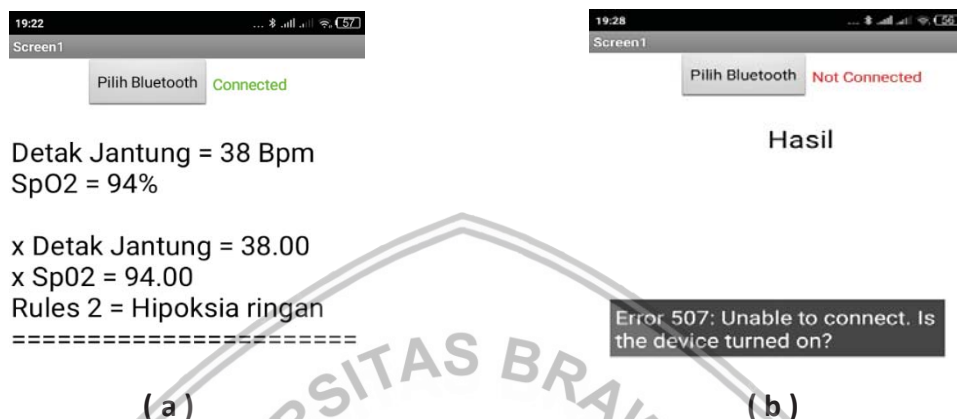
Prosedur untuk melakukan pengujian dilakukan dalam beberapa langkah sebagai berikut:

1. Menyalakan alat deteksi gejala awal hipoksia dengan menekan saklar di samping.
2. Berdirilah pada jarak 3m, 6m, 9m, dan 12m masing-masing dilakukan percobaan selama 5 kali.
3. Buka aplikasi Max30100 dan sambungkan smartphone dengan alat deteksi gejala hipoksia.

4. Mengamati hasil sesuai jarak masing-masing yang telah ditentukan. Apakah bisa terjangkau atau tidak.

6.3.3 Hasil Dan Analisis Pengujian

Berikut adalah hasil pengujian dari module Bluetooth HC-05 dengan variasi jarak dapat dilihat pada :



Gambar 6.6 (a) Bluetooth tersambung (b) Bluetooth tidak tersambung

Untuk pengujian Bluetooth ini dilakukan 4 kali percobaan dengan jarak yang berbeda. Perbedaan jarak rak masing 3m , 6m , 9m dan 12m, dengan 15m dilakukan 10 kali percobaan untuk menyambungkan Bluetooth pada smartphone dengan alat deteksi hipoksia untuk mengetahui jarak maksimal tingkat keberhasilan dan tingkat *error*-nya.

Tabel 6.3 Hasil Pengujian Bluetooth Jarak 3m

Pengujian	jarak	Hasil
1	3m	Berhasil
2	3m	Berhasil
3	3m	Berhasil
4	3m	Berhasil
5	3m	Berhasil
6	3m	Berhasil
7	3m	Berhasil
8	3m	Berhasil
9	3m	Berhasil
10	3m	Berhasil
Tingkat Keberhasilan		100%
Tingkat error		0%

Pada Tabel 6.3 terlihat hasil pengujian dari Bluetooth HC-05 Pada arak 3m. Dalam 10x percobaan pada jarak 3m didapatkan persentase tingkat keberhasilan

yaitu 100% dan error 0%. Dapat diketahui Bluetooth HC-05 pada jarak 3m dapat mengirimkan data sensor dengan baik.

Tabel 6.4 Hasil Pengujian Bluetooth Jarak 6m

Pengujian	jarak	hasil
1	6m	Berhasil
2	6m	Berhasil
3	6m	Berhasil
4	6m	Berhasil
5	6m	Berhasil
6	6m	Berhasil
7	6m	Berhasil
8	6m	Berhasil
9	6m	Berhasil
10	6m	Berhasil
Tingkat Keberhasilan		100%
Tingkat error		0%

Pada Tabel 6.4 terlihat hasil pengujian dari Bluetooth HC-05 Pada arak 6m. Dalam 10x percobaan pada jarak 3m didapatkan persentase tingkat keberhasilan yaitu 100% dan error 0%. Dapat diketahui Bluetooth HC-05 pada jarak 6m dapat mengirimkan data sensor dengan baik sama seperti pada jarak 3m.

Tabel 6.5 Hasil Pengujian Bluetooth Jarak 9m

Pengujian	Jarak	Hasil
1	9m	Berhasil
2	9m	Berhasil
3	9m	Gagal
4	9m	Berhasil
5	9m	Berhasil
6	9m	Berhasil
7	9m	Berhasil
8	9m	Berhasil
9	9m	Berhasil
10	9m	Gagal
Tingkat Keberhasilan		80%
Tingkat error		20%

Tabel 6.5 adalah hasil pengujian dari Bluetooth HC-05 Pada arak 9m. Dalam 10x percobaan pada jarak 9m didapatkan 2 kegagalan dalam

menyambungkan bluetooth pada alat presentase sehingga didapat tingkat keberhasilan yaitu 80% dan error 20%. sehingga pada jarak 9m ini tergolong jarak yang cukup baik ntuk mengirimkan hasil output.

Tabel 6.6 Hasil Pengujian Bluetooth Jarak 12m

Pengujian	Jarak	Hasil
1	12m	Gagal
2	12m	Gagal
3	12m	Gagal
4	12m	Gagal
5	12m	Gagal
6	12m	Gagal
7	12m	Gagal
8	12m	Gagal
9	12m	Gagal
10	12m	Gagal
Tingkat Keberhasilan		0%
Tingkat error		100%

Tabel 6.6 adalah hasil pengujian dari Bluetooth HC-05 Pada arak 12m. Dalam 10x percobaan pada jarak 12m didapatkan hasil tingkat keberhasilan pengiriman 0% dan tingkat error 100%. Pada jarak 12m Bluetooth smartphone tidak dapat terhubung dengan alat sehingga tidak dapat menampilkan output .

Tabel 6.7 Hasil Pengujian Bluetooth Jarak 15m

Pengujian	Jarak	Hasil
1	15m	Gagal
2	15m	Gagal
3	15m	Gagal
4	15m	Gagal
5	15m	Gagal
6	15m	Gagal
7	15m	Gagal
8	15m	Gagal
9	15m	Gagal
10	15m	Gagal
Tingkat Keberhasilan		0%
Tingkat error		100%

Tabel 6.7 adalah hasil pengujian dari Bluetooth HC-05 Pada arak 15m. Dalam 10x percobaan pada jarak 15m didapatkan hasil tingkat error 100%. Sama seperti jarak 12m pada jarak 15m Bluetooth smartphone tidak dapat terhubung dengan alat sehingga tidak dapat menampilkan output.

Dari ke 4 hasil pengujian Bluetooth HC-05 pada jarak 3m , 6m, 9m, 12m dan 15m dapat diketahui berapa jarak aman untuk menyambungkan ke smartphone. Jarak yang paling aman untung dapat menyambungkan smartphone ke alat yaitu pada jarak 3m,6m dan 9m.

6.4 Pengujian Metode *fuzzy*

Pada sub bab ini dilakukan pengujian metode *fuzzy* dengan cara membandingkan hasil implementasi *fuzzy* dengan perhitungan secara manual.

6.4.1 Tujuan Pengujian

Mengetahui hasil perbandingan antara hasil implementasi *fuzzy* dengan perhitungan manual sehingga akan didapatkan tingkat error pada sistem.

6.4.2 Prosedur Pengujian

Prosedur untuk melakukan pengujian dilakukan dalam beberapa langkah sebagai berikut:

1. Menjalankan alat dengan program input nilai sensor sebagai nilai keanggotaan input *fuzzy*.
2. Melakukan pencatatan hasil perhitungan *fuzzy* sesuai dengan data pada serial monitor.
3. Melakukan percobaan sebanyak 10 kali dengan nilai input sensor Detak jantung, dan SpO2.
4. Melakukan perhitungan secara manual dan membandingkan hasilnya dengan hasil implementas.

6.4.3 Hasil Dan Analisis Pengujian

Berikut adalah hasil pengujian dan hitung manual dari metode *fuzzy* dapat dilihat pada gambar 6.7 dan Tabel dibawah ini :

<pre> Detak Jantung = 120 Bpm SpO2 = 94% x Detak Jantung = 120.00 x SpO2 = 94.00 Rules 10 = Hipoksia Ringan </pre>	<pre> Detak Jantung = 82 Bpm SpO2 = 95% x Detak Jantung = 82.00 x SpO2 = 95.00 Rules 11 = Tidak hipoksia </pre>	<pre> Detak Jantung = 66 Bpm SpO2 = 95% x Detak Jantung = 66.00 x SpO2 = 95.00 Rules 7 = Tidak hipoksia </pre>
---	--	---



Gambar 6.7 Hasil Implementasi fuzzy

Hasil yang terdapat pada Gambar 6.7 akan dihitung berdasarkan perhitungan *fuzzy* manual. Perhitungan manual ini digunakan untuk membandingkan dan mendapatkan akurasi sistem *fuzzy*.

Tabel 6.8 Hasil Pengujian Implementasi fuzzy

Detak Jantung	SpO2	Hasil Implementasi Pada Alat	Hasil perhitungan Manual	Hasil Penujian
120 Bpm	94 %	Rule [11] Hipoksia Ringan	Rule [11] Hipoksia Ringan	Sesuai
82 Bpm	95 %	Rule [12] Tidak Hipoksia	Rule [12] Tidak Hipoksia	Sesuai
66 Bpm	95 %	Rule [8] Tidak Hipoksia	Rule [8] Tidak Hipoksia	Sesuai
59 Bpm	92 %	Rule [7] Hipoksia Ringan	Rule [7] Hipoksia Ringan	Sesuai
50 Bpm	90 %	Rule [2] Hipoksia Sedang	Rule [2] Hipoksia Sedang	Sesuai

53 Bpm	96 %	Rule [4] Tidak Hipoksia	Rule [4] Tidak Hipoksia	Sesuai
54 Bpm	84 %	Rule [1] Hipoksia Parah	Rule [1] Hipoksia Parah	Sesuai
60 Bpm	83 %	Rule [5] Hipoksia Parah	Rule [5] Hipoksia Parah	Sesuai
65 Bpm	90 %	Rule [6] Hipoksia Sedang	Rule [6] Hipoksia Sedang	Sesuai
57 Bpm	93 %	Rule [7] Hipoksia Ringan	Rule [7] Hipoksia Ringan	Sesuai
101 Bpm	80 %	Rule [9] Hipoksia sedang	Rule [9] Hipoksia sedang	Sesuai
99 Bpm	89 %	Rule [10] Hipoksia Sedang	Rule [10] Hipoksia Sedang	Sesuai
Hasil Akurasi				100 %

Hasil perhitungan secara manual :

Diketahui :

Detak Jantung = 59

Saturasi Oksigen (SpO2) = 92

1. Fuzzyfikasi

a) Derajat keanggotaan detak jantung

$$\text{Lemah} : \frac{60-59}{60-57} = 0,33$$

$$\text{Normal} : \frac{59-57}{60-57} = 0,67$$

$$\text{Hyper} : 0$$

b) Derajat keanggotaan SpO2

$$\text{Berat} : 0$$

$$\text{Sedang} : 0$$

$$\text{Ringan} : 1$$

$$\text{Normal} : 0$$

2. Inferensi

$$\begin{aligned} \text{Rule [2]} &= \text{IF (DETAK JANTUNG LEMAH \&\& SpO2 RINGAN)} \\ \alpha &= \min(\mu_{\text{DETAJ JANTUNG LEMAH}} \cap \mu_{\text{SpO2 RINGAN}}) \\ &= \min(0,33 \cap 1) \\ &= 0,33 \end{aligned}$$

$$\text{Rule [6]} = \text{IF (DETAK JANTUNG NORMAL \&\& SpO2 RINGAN)}$$

$$\begin{aligned}\alpha &= \min(\mu_{\text{DETAH JANTUNG NORMAL}} \cap \mu_{\text{SpO2 RINGAN}}) \\ &= \min (0, 67 \cap 1) \\ &= .,67\end{aligned}$$

3. Defuzzyfikasi

$$\text{Output} = \max (\text{rules}[0], \text{rules}[1], \text{rules}[2], \text{rules}[3], \text{rules}[4], \text{rules}[5], \text{rules}[6], \text{rules}[7], \text{rules}[8], \text{rules}[9], \text{rules}[10], \text{rules}[11]).$$

$$\text{Output} = \max (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$$

$$\text{Output} = \text{Rules} [7] = \text{Hipoksia Ringan}$$

Dari data hasil pengujian pada Tabel 6.8 didapatkan bahwa dari 12 pengambilan data di rumah sakit hasil output implementasi dan hasil perhitungan secara manual didapatkan hasil yang sama antara hasil implementasi dengan perhitungan secara manual. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat *error* pada implementasi logika *fuzzy* pada sistem adalah sebesar 0% yang berarti logika *fuzzy* berjalan pada sistem dengan akurasi sebesar 100%.

BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran yang diperoleh dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan.

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari tahapan perancangan, implementasi, pengujian serta analisis hasil pengujian yang telah dilakukan, penulis dapat menarik kesimpulan bahwa :

1. Alat deteksi hipoksia ini mampu mengambil data detak jantung dan saturasi oksigen (SpO₂) secara *non-invasive* yaitu dengan cara menjepitkannya pada ujung jari manusia. Output dapat ditampilkan ke smartphone dengan bantuan Bluetooth. Akuisisi data diolah menggunakan klasifikasi *fuzzy* sehingga akan menghasilkan output gejala hipoksia. Berdasarkan hasil penelitian sensor ini hanya mampu mendeteksi sampai 96% tingkat saturasi oksigen.
2. Tingkat akurasi pembacaan sensor Max30100 berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dengan membandingkan *pulse oximetry* yang ada pada rumah sakit dan detak nadi mendapatkan hasil detak jantung *error* 2,86% dan SpO₂ *error* 2,96%.
3. Bluetooth hc-05 yang terdapat pada sistem ini mampu melakukan pengiriman data kurang dari 12 m. Pada 10 percobaan jarak 3m, 6m, Bluetooth dapat mengirimkan data dengan tingkat *error* 0% dan pada 9m dengan tingkat *error* 20% dan pada jarak diatas 12 m nilai *error* mencapai 100%.
4. Metode *fuzzy* berhasil diimplementasikan pada alat ini dan sistem dapat berjalan semestinya sehingga mendapatkan output yang diinginkan. Sebagaimana dijelaskan pada perancangan sistem dan telah dilakukan pengujian dan didapatkan hasil *error* metode *fuzzy* 0 %.

7.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah didapatkan, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya sebagai langkah pengembangan sistem ini, yaitu :

1. Dianjurkan menggunakan module sensor bertipe lain sehingga mendapatkan akurasi data yang lebih bagus dan bisa menampilkan output grafik maupun digital .
2. Disarankan untuk Membuat jepitan yang lebih nyaman dan desain alat yang lebih kecil supaya lebih mudah dalam pemakaiannya.
3. Menggunakan metode yang lain untuk dapat membandingkan hasil akurasi dari tiap metode

DAFTAR PUSTAKA

- Arduino, 2017. *Arduino Uno REV3*. [Online] Available at: <https://store.arduino.cc> [Accessed 24 Agustus 2017].
- Ari Azhar, K. D. K. W. H. S., 2015. Perancangan Fuzzy Logic Model Sugeno untuk Wall Tracking pada Robot Pemadam Api.
- Charles Patrick Davis, M. P., n.d. *MedicineNet*. [Online] Available at: www.medicinenet.com/hypoxia_and_hypoxemia [Accessed 25 januari 2018].
- DerSarkissian, C., 2018. *www.webmd.com*. [Online] Available www.webmd.com [Accessed senin Desember 2018].
- Esrat, J., 2014. An Overview On Herat Rate Monitoring and Pulse Oxymeter System. *IEEE*, 3(5), pp. 148-142.
- Febriandika, P., 2018. Implementasi Sistem Notifikasi Keadaan Darurat Berbasis Aplikasi Mobile dan Arduino Mega Menggunakan Metode Fuzzy. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Volume 2, pp. 5317-5325.
- Hidayat, Y., 2018. Implementasi Algoritma Wall Following Pada Manuver Robot Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Volume 2, pp. 4957 - 4965.
- Intergrated, m., 2014. *MAX30100*, s.l.: s.n.
- Komal Kashish, M. P. P. Y., 2016. Design of Low Power Pulse Oximeter for Early Detection Hypoxemia. *Micro-Electronics and Telecommunication Engineering*, pp. 600-605.
- LUMEX, 2017. *www.LUMEX.com*. [Online] [Accessed 2017].
- Nuryanti, V., 2010. Rancangan Bangun Alat Pendeteksi dan Penghitung Jantung Dengan Asas Dopler.
- Oxullo, 2018. *github.com*. [Online] Available <https://github.com/oxullo/Arduino-MAX30100> [Accessed Selasa Desember 2018].
- P madan Mohan, A. N. ., V. n. ., E. S. J. J., 2016. Measurment Of Arterial Oxygen Saturasi SpO2 Using PPG Optical Sensor. *Comunication and signal processing*, pp. 1136-1140.
- Salamah, U., 2016. Rancang Bangun Pulse Oximetry Mmenggunakan Arduino Sebagai Deteksi Kejenuhan Oksigen. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya*, Volume VI, pp. 77-82.
- Wan, J., 2017. Reflective type blood oxygen saturation detection system based on MAX30100. pp. 615 - 619 .

Wohingati, G. W., 2013. Alat Pengukur Detak Jantung Menggunakan PulseSensor Berbasis Arduino. Volume 12, pp. 65-71.

Ari Azhar, K. D. K. W. H. S., 2015. Perancangan *Fuzzy Logic Model Sugeno* untuk Wall Tracking pada Robot Pemadam Api.

